

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**  
**Інженерно-хімічний факультет**  
**Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування**

До захисту допущено

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**  
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 6.050503 - Машинобудування (6.050502 - Інженерна механіка)  
на тему: Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації

---

---

Виконав (-ла) студент (-ка) 4 курсу, групи \_\_\_\_\_ **ЛП-51(1)**  
(шифр групи)

**Славінський Владислав Васильович** \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

**Керівник доц. Шаповал А.А.** \_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

**Консультанти з розділів:**

---

**ОХОРОНА ПРАЦІ** доц., к.т.н. Ковтун Є.М. \_\_\_\_\_

**МОДЕРНІЗАЦІЯ** доц., Щербина В.Ю. \_\_\_\_\_

**ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ** ст.вик. Борщик С.О. \_\_\_\_\_

**РЕЦЕНЗЕНТ** \_\_\_\_\_  
(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ 2019 рік

Національний технічний університет України

„Київський політехнічний інститут”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра \_\_\_\_\_ хімічного, полімерного і силікатного машинобудування \_\_\_\_\_

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 6.050502- інженерна механіка (6.050503 - машинобудування) \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ **О.В. Гондлях**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 р

### **ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Славінському Владиславу Васильовичу \_\_\_\_\_

(П.І.Б.)

1. Тема проекту: машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації \_\_\_\_\_

керівник проекту доц. Шаповал А.А. \_\_\_\_\_

затверджена наказом по університету від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проекту « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту: машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації;  
матеріал – ПС; D=40 мм; L/D=25

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити)

Пояснювальна записка, розділ розрахунків, технологія машинобудування

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Загальний вигляд машини для лиття, шнек модернізований, механізм пластикації, пристосування,  
розрахунок в системі ANSYS \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Доц., к.т.н. Ковтун Є.М.		
Модернізація	Проф. Щербина В.Ю.		
Тех. маш.	Ст.вик. Борщик С.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання теми і узгодження завдань з керівником ДП. Завдання з розділу «Технологія машинобудування»	11.04.19	
2	Підготовка технологічної схеми виробництва		
3	Креслення заг.виду машини		
4	Проведення параметричних розрахунків і на міцність		
5	Виконання креслень вузлів і деталей		
6	Проведення робіт із модернізації машини		
7	Висновки		
8	Оформлення дипломного проекту		
9	Перевірка дипломного проекту	13.06-14.06.19	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

## ЗМІСТ

Реферат (українська мова).....	1
Реферат (іноземна мова).....	1
Реферат (російська мова).....	1
Перелік умовних позначень .....	1
Пояснювальна записка .....	27
Розділ «Розрахунки» .....	21
Розділ «Технологія машинобудування» .....	19
Додаток А. Специфікації .....	4
Додаток Б. Тези .....	1

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата							
Розроб.	Славінський				Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації			Літ.	Арк.	Акришів	
Перевір.	Шаповал									1	
Реценз.								НТУУ «КПІ ім. Ізгоря Сікорського»			
Н. Контр.											
Затверд.	Гондляр										
#											

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра виконаний на тему: «Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації» включає текстову і графічну частини. Текстова частина має 3 розділи і додатки, загальний обсяг – 76 с., 15 рис., 1 табл., 15 джерел. Графічна частина містить 4 листа креслень формату А1 та 1 плакат формату А1 з результатами розрахунків.

Мета розробки – усунення недоліків діючих термопластавтоматів. Для цього проведено пошук технічних рішень.

Для усунення недоліків базової машини обрано рішення з модернізації шнека, що полягає в встановленні додаткової змішувальної секції в зоні дозування.

Креслення були виконані за допомогою програм КОМПАС, AutoCAD, розрахунки шнека - за допомогою ANSYS. До складальних креслень додаються специфікації. Наведено список використаної літератури.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, СОПЛО, ЛИТТЯ ПІД ТИСКОМ, МЕХАНІЗМ ПЛАСТИКАЦІЇ, ЧЕРВ'ЯК, РОЗРАХУНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

## РЕФЕРАТ

Дипломный проект бакалавра выполнен на тему: «Машина для литья под давлением с модернизацией шнека» и включает текстовую и графическую части. Текстовая часть имеет 3 раздела и приложения, общий объем - 76 с., 15 рис., 1 табл .., 15 источников. Графическая часть содержит 4 листа чертежей формата А1 и 1 плакат формата А1 с результатами расчетов.

Цель разработки - устранение недостатков действующих термопластавтоматов. Для этого проведен поиск технических решений.

Для устранения недостатков базовой машины выбрано решение по модернизации шнека, заключающийся в установке дополнительной смесительной секции в зоне дозирования.

Чертежи выполнены с помощью программ КОМПАС, AutoCAD, расчеты шнек - с помощью ANSYS. К сборочным чертежам прилагаются спецификации. Приведен список использованной литературы.

ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТ, СОПЛО, ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ, МЕХАНИЗМ ПЛАСТИКАЦИИ, ЧЕРВЯК, РАСЧЕТЫ, МОДЕРНИЗАЦИЯ.

## **ABSTRACT**

The diploma project of the bachelor is executed on the theme: "Pressure casting machine with modernization of the plasticisation mechanism" and includes text and graphic parts. The text part has 3 sections and attachments, the total volume is 76 s., 15 figures, 1 tables, 15 sources. The graphic part contains 4 sheets of drawings of A1 format and 1 poster of A1 format with the results of calculations.

The purpose of the development - eliminating the shortcomings of existing thermoplastics machines. To do this, search for technical solutions.

To eliminate the disadvantages of the base machine, a decision was made to upgrade the screw, which consists of installing an an additional mixing section in the dosage zone.

Drawings are executed using programs KOMPAS, AutoCAD, calculations of the screw - using ANSYS. To assembly drawings the specifications are added. The list of used literature is given.

THERMOPLASTING MACHINE, NOZZLE, CASTING UNDER PRESSURE,  
PLASTICISATION MECHANISM, SCREW, CALCULATIONS,  
MODERNIZATION.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ

Умовні скорочення:

ТПА – термопластавтомат;

ПС – полістирол;

Умовні позначення:

D,d – діаметри, м;

L,l – довжини, м;

H, h – висоти, м;

P – потужність нагрівників, кВт;

N – потужність, кВт;

T – температура матеріалу, °C;

$\alpha_k$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м<sup>2</sup> · К;

F – площа, м<sup>2</sup>;

$\delta$  - радіальний зазор між корпусом і черв'яком, м;

M<sub>кр</sub> – крутний момент, Н·м

t – крок гвинтової нарізки, мм

V – об'єм, м<sup>3</sup>;

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

## ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 Призначення та галузь використання термопластавтомата .....	3
2 Технічна характеристика термопластавтомата .....	5
3 Опис конструкції та принцип дії термопластавтомата .....	6
4 Літературний та патентний огляд. Обґрунтування модернізації термопластавтомата .....	9
4.1 Літературний та патентний огляд конструкцій механізму пластикації ...	9
4.2 Обґрунтування обраної модернізації термопластавтомата .....	17
5 Охорона праці .....	19
5.1 Повітря робочої зони .....	19
5.2 Електробезпека .....	21
5.3 Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються .....	22
5.4 Шум і вібрація .....	23
5.5 Пожежна безпека.....	24
Висновки .....	26
Перелік посилань.....	27

					ЛП51(1).167246.01-70ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата							
Розроб.		Славінський			Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації			Лит.	Арк.	Акрцшів	
Перевір.		Шаповал								1	28
Реценз.								НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»			
Н. Контр.											
Затверд.		Гондляр									

## ВСТУП

Термопластавтомати (ТПА) є поширеним технічним обладнанням у промисловості полімерних матеріалів і виробів. Такі машини широко застосовують для виробництва виробів з пластмас, із застосуванням методу лиття під тиском[1].

Пластики залишаються одним з найпоширеніших матеріалів, використовуваних в багатьох сферах техніки, побуту, медицини. Останнє пояснюється відносно низькою вартістю термопластавтоматів та можливістю отримання продукції різної геометричної форми. Метал, дерево або скло коштують значно дорожче, тому можуть конкурувати з полімерними матеріалами лише у певних, технічно обґрунтованих випадках. Використання термопластавтоматів дозволяє максимально автоматизувати процес виготовлення необхідних виробів та отримувати високоякісні полімерні вироби при їх невеликій собівартості.

Таким чином, технічна модернізація термопластавтоматів з метою покращення технічних характеристик є актуальною інженерною задачею.

Під час виконання проекту використано знання з наступних дисциплін: інженерна та комп'ютерна графіка; технологічні основи машинобудування; метрологія та стандартизація; процеси, апарати та машини галузі; охорона праці та цивільний захист; технологічне обладнання виробництва будівельних та полімерних виробів; сучасні методи розрахунку; процеси, апарати та машини галузі.

Частиною результатів виконання дипломного проекту стало подання тези на науково-технічну конференцію кафедри ХПСМ.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Термопластавтомати призначені для виготовлення полімерної продукції методом лиття під тиском. Галузі застосування таких машин є дуже різноманітними: від предметів щоденного користування до стерильних засобів медицини.

Принципову технологічну лінію для виготовлення виробів з полімерів із застосуванням ТПА зображено на рис. 1.1 [2].

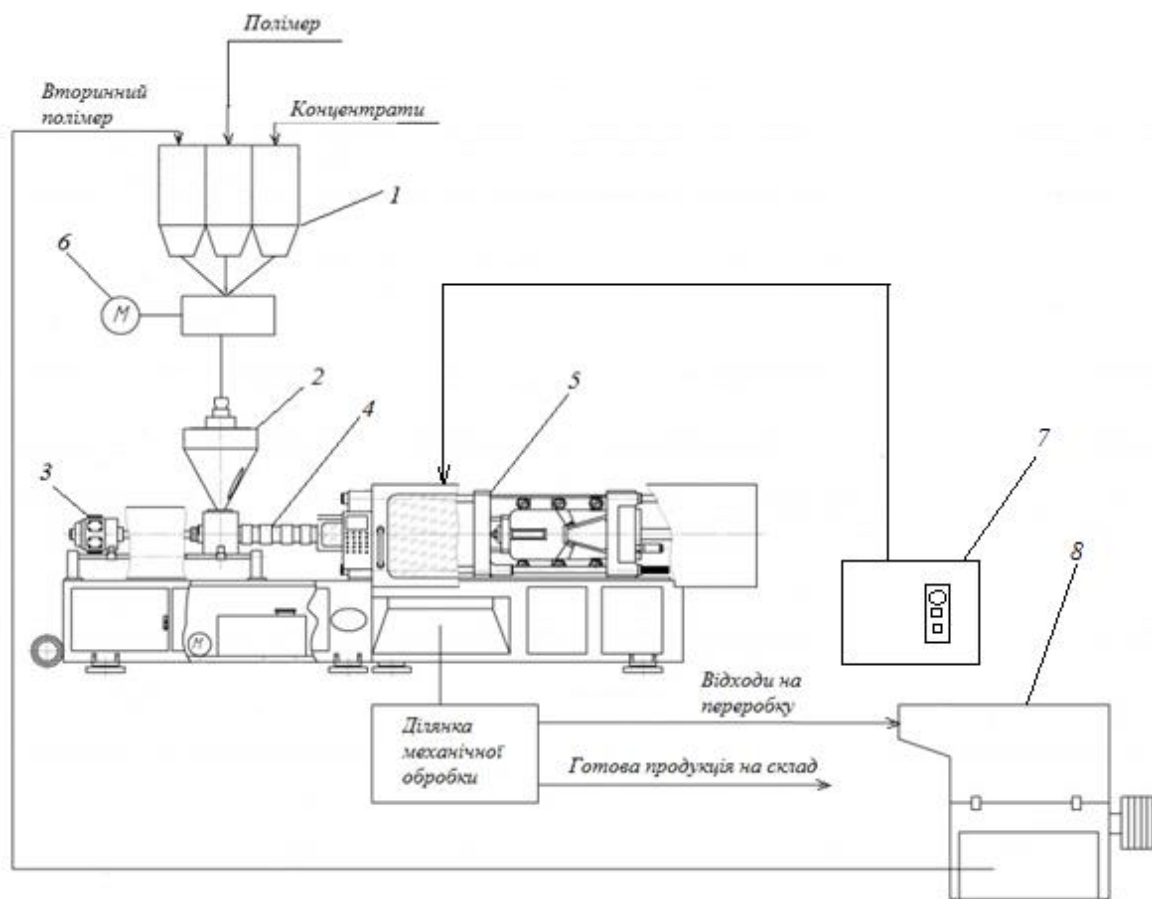


Рисунок 1.1 – Технологічна лінія для виробництва виробів з пластмас

Технологічна лінія складається з наступних складових частин: змішувача 1, електродвигуна для змішування 6, бункера 2, черв'ячного преса 4, робота якого здійснюється за допомогою електродвигуна 3 та пресформи 5. Послідовність операцій: матеріал разом з концентратами переміщується і

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрапляє в бункер. Гранульований матеріал з бункера через завантажувальну воронку подається на шнек. Там він пластикується і дозується в пресформу, до якої приєднані трубки з охолоджуючою рідиною від холодильника 7. В пресформі виріб охолоджується, виштовхується і потрапляє в ящик. Якщо на лінії присутній робот-маніпулятор, то він забирає деталь з виштовхувачів і кладе її на конвеєр. Далі проходить механічна обробка. Відходи йдуть на переробку в дробарку 8, а готова продукція на склад.

На малих підприємствах зазвичай використовуються невеликі термопластавтомати без автозавантажувача, робота-маніпулятора та конвеєра, а дробарка та сушилка стоять окремо.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

Технічна характеристика машини є основною інформацією про розроблюваний апарат. Згідно з технічним завданням в дипломному проекті необхідно розробити нову конструкцію механізму пластикації.

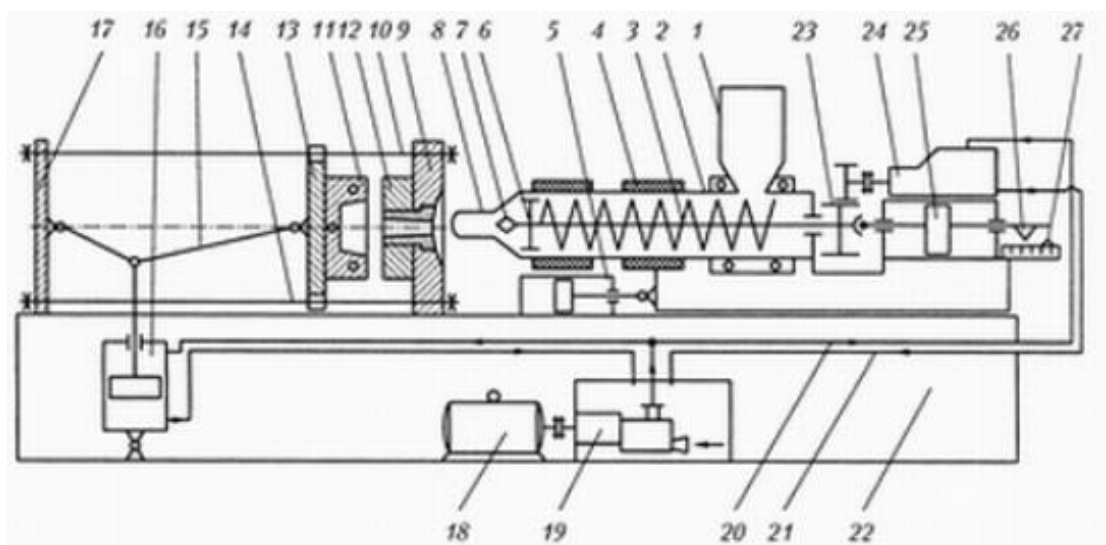
Основні технічні характеристики та параметри термопластавтомата наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики та параметри

Діаметр черв'яка, $D$	40мм
Відношення довжини черв'яка до діаметра, $L/D$	25
Продуктивність машини, $G_M$	50кг/год
Потужність двигуна, $N$	18,5 кВт
Потужність нагрівників, $P$	35,7 кВт
Об'ємна маса матеріалу, $\rho$	1040кг/м <sup>3</sup>
Початкова температура матеріалу, $T_{\text{поч}}$	20 <sup>0</sup> С
Температура розплаву на виході, $T_{\text{кін}}$	190 <sup>0</sup> С
Ступінь чорноти корпусу машини, $e$	0,72
Коефіцієнт тепловіддачі $\alpha_k$	5,08 Вт/м <sup>2</sup> · К

### 3 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

На даний час У виробництві полімерної продукції значного поширення набули горизонтальні одночерв'ячні термопластавтомати з поєднаною пластикацією. ТПА забезпечують об'єми вприскування від 4 до 70 000 см<sup>3</sup>, при зусиллі замикання прес-форми від 25 до 60 000 кН. Принципову схему ТПА представлено на рис. 3.1[3].



1 – бункер; 2 – матеріальний циліндр; 3 – шнек; 4 – нагрівний елемент; 5 – гідропривід; 6,7,8 – сопло; 9 – стійка; 10,14 – колони; 11,12 – пресові вузли; 13 – повзун; 15,16 – важільно-гідравлічний механізм; 17 – задня стійка плита; 18 – електродвигун; 19 – насосний блок; 20,21 – система трубопроводів високого і низького тиску; 22 – жорстка рама; 23 – зубчата передача; 24 – гідродвигун; 25 – плунжер; 26 – кінцевий вимикач; 27 – лінійка.

Рисунок 3.1 – Кінематична схема термопластавтомату

Всі функціональні блоки і пристрої ТПА розташовуються на жорсткій рамі 22. Гранульований полімерний матеріал з бункера 1 надходить в

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

матеріальний циліндр 2, захоплюється обертовим шнеком 3 і транспортується в напрямку мундштука 8. При цьому гранульований матеріал нагрівається, ущільнюється в пробку і під дією тепла від тертя об поверхню гвинтового каналу черв'яка і поверхню циліндра, а також за рахунок тепла від зовнішніх зонних електронагрівачів 4 розплавляється під тиском, і, пройшовши через зворотний клапан 6, накопичується в зоні дозування матеріального циліндра. Під дією тиску, що виникає при цьому, черв'як відсувається вправо, зміщуючи плунжер 25 і хвостовик з наявним на ньому кінцевим вимикачем 26. Установкою відповідного вимикача на лінійці 27 регулюють відхід черв'яка і, отже, підготовлений до подальших дій обсяг розплаву в зоні дозування і мундштука 8. Після спрацьовування кінцевих вимикачів 26 і 27 обертання черв'яка припиняється - необхідна доза розплаву підготовлена. Далі, гідроприводом 5 пластикаційний (інжекційний) вузол зсувається вліво до змикання мундштука з ливниковою втулкою, встановленою в стійці 9. До цього моменту завершує змикання частина прес-форми 11 і 12 пресового вузла литтєвої машини, який являє собою горизонтальний важельно-гідравлічний прес, що складається із задньої 17 і передньої 9 плит-стійок, з'єднаних, як правило, чотирма колонами 10 і 14, за якими зміщується вправо (змикання) і вліво (розмикання) повзун 13. Повзун приводиться в рух від важеля гідравлічного механізму 15,16.

Після приведення всіх блоків в початковий стан створюється тиск в гідроприводі 25 осьового руху черв'яка, який, діючи аналогічно поршня, інjektує розплав полімеру з матеріального циліндра в прес-форму, де і формується виріб. Наконечник 7, встановлений на черв'яку, сприяє зменшенню утворення застійних зон після вприскування. У період формоутворення виробу черв'як приводиться в обертання для підготовки наступного обсягу уприскування.

Після охолодження розплаву до заданої температури форма розкривається, і виріб за допомогою виштовхувачів видаляється з робочої зони литтєвої машини.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Всі рухомі вузли ЛМ забезпечуються енергоносієм від головного приводу, що складається з електродвигуна 18, насосного блоку 19, встановленого в маслозбірнику, і системи трубопроводів високого 20 і низького 21 тиску. Для обертання черв'яка встановлюють гідродвигун 24 з зубчастою передачею 23.

До переваг машин описаного типу відносять високу продуктивність, універсальність за видами матеріалів, що переробляються, зручність управління і обслуговування, а також надійність в експлуатації.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД. ОБГРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА

### 4.1 Літературний та патентний огляд конструкцій механізму пластикації

Під час проходження переддипломної практики виконано огляд технічної літератури з метою інженерно-технічного аналізу принципу дії та відомих конструкцій ТПА, з метою виявлення існуючих переваг та недоліків останніх. В результаті виконаного аналізу конструкції ТПА, обраного у якості машини-аналога, виявлено такий недолік як незадовільна змішувально-диспергуюча дія. Причина: черв'як машини-аналога має незмінні параметри основного робочого органу – черв'яка. В результаті технічні умови, зазначені в технічному завданні на дипломний проект, не виконуються. Виходячи з індивідуального завдання на період переддипломної практики та технічних умов, згідно з темою дипломного проекту «Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації», вирішено, що черв'як (важливий елемент механізму пластикації) необхідно модернізувати. Для вирішення проблеми проведено літературний та патентний огляд конструкцій шнеку. На основі технічного аналізу змісту патентів [4-9] було розглянуто ряд нових технічних рішень, придатних для можливостей модернізації конструкції черв'яка.

Одну з можливих конструкцій розроблюваного черв'яка представлено у патенті [4]. Представлена корисна модель належить до обладнання, призначеного для переробки термопластичних матеріалів. Черв'як (рис. 4.1) містить вал з послідовно розташованим хвостовиком, зонами живлення, стиснення й дозування, а також наконечником, при цьому вал на ділянках зон живлення, стиснення й дозування споряджено гвинтовою нарізкою; на гребені нарізки зони дозування виконано розташовані поперечно йому пази,

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що скошені в бік хвостовика валу. Виконання пазів скошеними до хвостовика черв'яка утворює в зазорі “гребінь нарізки – корпус екструдера” сукупність каналів, глибина яких збільшується в напрямку хвостовика вала черв'яка, утворюючи сукупність конфузів які є гідравлічним опором потоку перероблюваного матеріалу, що зменшує потік витіку , тобто збільшує продуктивність екструдера і покращує перемішування сировини. Наявність в пазах гребня перероблюваного матеріалу сприяє надійності екструдера через зменшення зношення черв'яка об корпус.

Черв'як екструдера містить вал 1 з послідовно розташованими хвостовиком 2, зонами живлення 3, стискання 4 і дозування 5, а також наконечником 6. При цьому вал 1 не зазначених ділянках 3-5 споряджений гвинтовою нарізкою 7 зони дозування 5 виконані розташовані поперечно йому пази 9, які скошені вбік хвостовика 2 вала 1. Вихід 10 пазів 9 з боку наконечника 6 вала 1 може бути виконаний на зовнішній поверхні 11 гребня 8 нарізки 7.

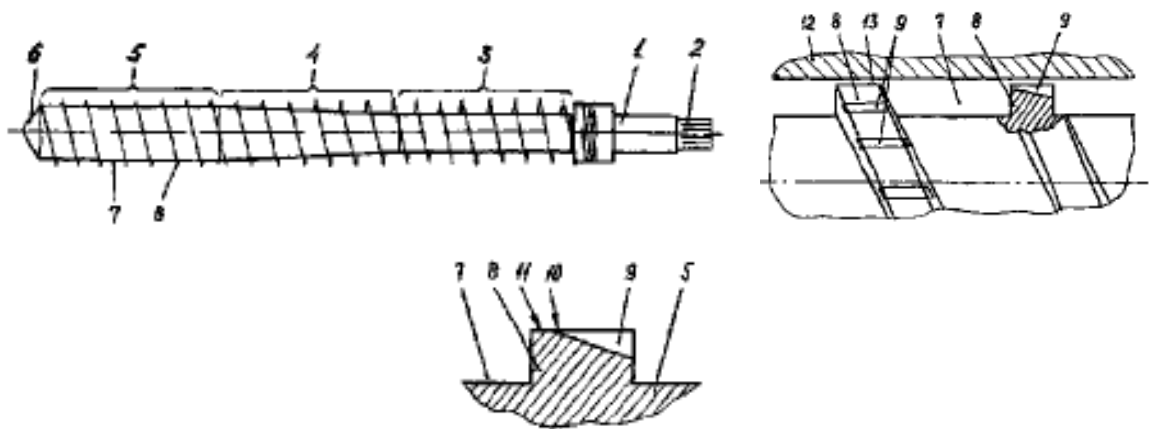


Рисунок 4.1 – Черв'як з поперечними каналами [4]

Черв'як машини працює наступним чином: перероблюваний матеріал просувається нарізкою 7 від зони живлення 3 через зону стискання 4 до зони дозування 5, поступово нагріваючись та ущільнюючись. У зоні дозування 5 розплавлений матеріал під впливом опору формуючої головки намагається перетекти через гребінь 8 нарізки 7, але потрапляючи в паз 9 , поступово гальмується. Наявність матеріалу в пазах 9 черв'яка при цьому зменшує

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тертя черв'яка об корпус 12, що не тільки підвищує надійність машини, але й сприяє зменшенню потоку витoku матеріалу крізь зазор 13.

Корисна модель [5] належить до сільськогосподарського машинобудування, зокрема до пристроїв для обробки сипучих сільськогосподарських продуктів тиском. Технічною задачею, що вирішується заявленою корисною моделлю є інтенсифікація термодинамічної дії, збільшення продуктивності і ресурсу робочої поверхні черв'яка екструдера. Цей технічний результат досягається тим, що проточки виконані під кутом  $38^{\circ}$ - $57^{\circ}$  і мають криволінійний профіль, що описується алгебраїчною кривою типу Локон Аньезі з рівнянням  $(x^2 - a^2)y - a^3 = 0$ . Недоліком є нерівномірне зростання тиску від завантаження продукту в пресовий механізм і до надходження його до філь'єри, і повільний вихід екструдованого продукту, що приводить до перегріву продукту і низької продуктивності екструдера.

Екструдер на рисунку 4.2 складається з корпусу 1 із завантажувальною воронкою 2 і черв'яка 3 з ексцентричною нарізкою в зоні пластифікації. На ділянках з мінімальною глибиною гвинтових каналів черв'яка 3 виконані проточки 4. Проточки 4 виконані під кутом  $38^{\circ}$ - $57^{\circ}$  і мають криволінійний профіль, що описується алгебраїчною кривою типу Локон Аньезі. Гвинтовий канал на ділянці з ексцентричною нарізкою по довжині складається з менших 6 і більших 7 об'ємів, що чергуються, а також плавно змінюється співвідношення між ними.

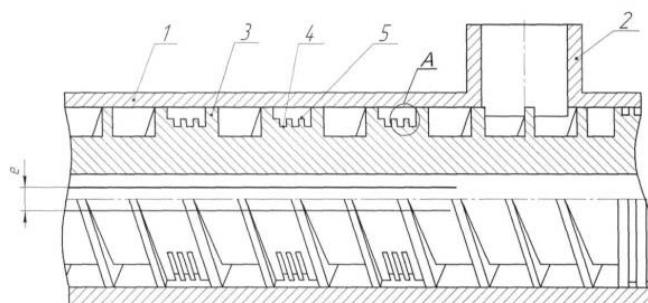


Рисунок 4.2 – Черв'як з ексцентричною нарізкою [5]

Екструдер для приготування кормів працює наступним чином. Кормова суміш завантажується в завантажувальну лійку 2, потрапляє у внутрішню порожнину корпусу 1, де вона захоплюється черв'яком 3 і транспортується по зонам екструдера, піддаючись термодинамічній дії.

Корисна модель [6] належить до полімерного обладнання хімічного машинобудування і призначена для використання при виробництві різних полімерних матеріалів.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення одношнекового екструдера для виробництва полімерних матеріалів з теплообмінним пристроєм, з покращеними енергозберігаючими характеристиками, шляхом удосконалення найближчого пристрою-прототипу, що забезпечує підвищення енергоефективності, а саме інтенсифікацію теплообмінних процесів, можливість максимального відбору, збереження та раціонального використання теплової енергії, оптимальну конструкцію для зручного використання і обслуговування, покращення якості переробки сировини.

Запропонований екструдер на рисунку 4.3 складається з матеріального циліндра 1, робочої камери 2, теплообмінного пристрою 3, шнека 4, електронагрівачів 5, теплоізоляційного кожуху 6, завантажувального бункера 7, трубопроводу 8, вентилятора 9, системи контролю і регулювання 10, формуючої головки 11, завантажувального отвору 12, сітки-екрана 13.

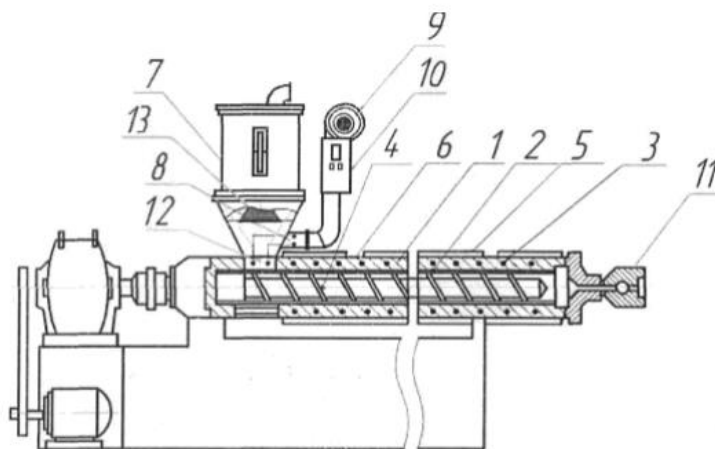


Рисунок 4.3 – Екструдер з теплообмінним пристроєм [6]

Екструдер працює наступним чином: сировина у вигляді гранул завантажується в пристрій завантажувального бункера 7 та через завантажувальний отвір 12 надходить у робочу камеру 2 екструдера. Шнек 4 забирає непластифікований матеріал від завантажувального отвору 12, пластифікує його і рівномірно подає у вигляді гомогенного розплаву до формуючої головки 11. Просуваючись вздовж каналу шнека 4, сировина нагрівається до заданої температури за рахунок розташованих на корпусі циліндра електронагрівачів 5, та теплоти, що виділяється внаслідок в'язкого тертя в зонах плавлення і дозування. З метою відбору та передачі теплоти, в 60 корпусі матеріального циліндра 1 під теплоізоляційним кожухом 6 розміщується теплообмінний пристрій 3 у вигляді спіральної трубки, та вбудовується в трубопровід 8, який з'єднується з завантажувальним бункером 7. В момент підігріву вентилятор 9, через трубопровід 8 з вбудованим теплообмінником, нагнітає повітря в загрузочний бункер 7. За допомогою теплообмінного пристрою 3, тепло з матеріального циліндра передається в трубопровід 8. 5 Повітря нагрівається до заданої температури, яку вимірюють системи контролю та регулювання 10, проходить конічну сітку-екран 13, розташовану на підставі бункера, завдяки якій повітря рівномірно розподіляється в масі сировини. Гаряче повітря нагріває та сушить сировину. Відпрацьоване повітря викидається в атмосферу

Корисна модель [7] належить до обладнання для перероблення високомолекулярних сполук і матеріалів з їх застосуванням, зокрема до одночерв'ячних екструдерів.

Черв'ячний екструдер зображений на рисунку 4.4, що містить послідовно з'єднані за допомогою фланцевого з'єднання завантажувальну лійку й корпус, а також розміщений у їхніх порожнинах з можливістю обертання черв'як, при цьому завантажувальну лійку споряджено двома послідовно розташованими секціями рідинного охолодження зі штуцерами для під'єднання до зовнішніх магістралей підведення й відведення рідкого холодоагенту, який відрізняється тим, що до зовнішньої магістралі

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підведення рідкого холодоагенту під'єднано один зі штуцерів однієї секції рідинного охолодження завантажувальної лійки, а до зовнішньої магістралі відведення рідкого холодоагенту - один зі штуцерів іншої секції, при цьому інші штуцери секцій сполучено між собою.

Одночерв'ячний екструдер містить послідовно з'єднані між собою за допомогою фланцевого з'єднання 1 завантажувальну лійку 2 і корпус 3, а також розміщений у їхніх порожнинах з можливістю обертання черв'як 4, при цьому між завантажувальною лійкою 2 і корпусом 3 встановлено перехідник 5, виготовлений з матеріалу з коефіцієнтом теплопровідності, нижчим за коефіцієнт теплопровідності матеріалу завантажувальної лійки й корпусу. Перехідник 5 при цьому може бути виготовлено зі склотекстоліту. Також можуть бути застосовані термоізовані кріпильні вироби (болти або шпильки) фланцевого з'єднання 1.

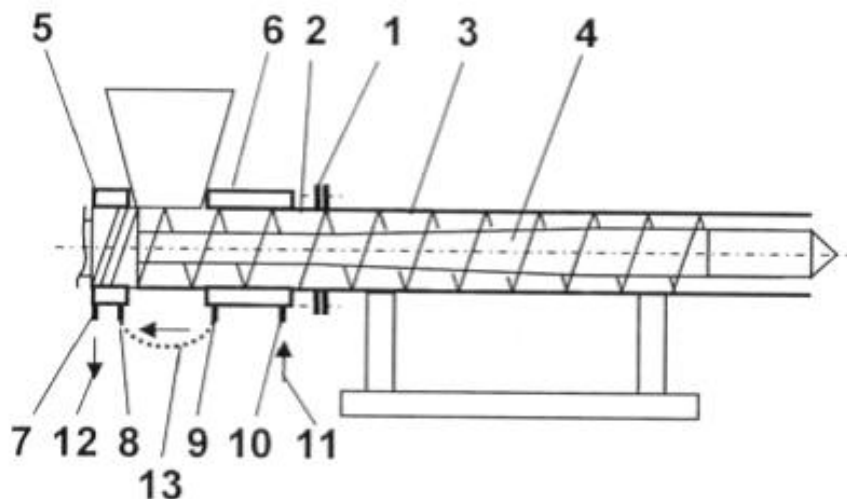


Рисунок 4.4 – Черв'ячний екструдер з модернізованою завантажувальною лійкою [7]

Екструдер працює в такий спосіб. Матеріал, що підлягає переробленню, подають у горловину завантажувальної лійки 2, де він захоплюється черв'яком 4 і далі транспортується в напрямку до корпусу 3. Під час проходження матеріалом каналу завантажувальної лійки 2 полімер інтенсивно охолоджується рідким холодоагентом, а каналу корпусу 3 - нагрівається внаслідок теплоти дисипації та роботи встановлених на корпусі

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

3 електронагрівників. При цьому перехідник 5 забезпечує надійну теплову ізоляцію завантажувальної лійки 2 від корпуса 3.

Корисна модель [8] належить до техніки переробки полімерних матеріалів, являє собою пристрій екструзійного формування у зоні пластикації для гомогенізування розплаву з його охолодженням в процесі екструзії і може бути використана в екструзійному обладнанні ліній переробки полімерних матеріалів, наприклад - лінії грануляції поліетилен-каучукової композиції.

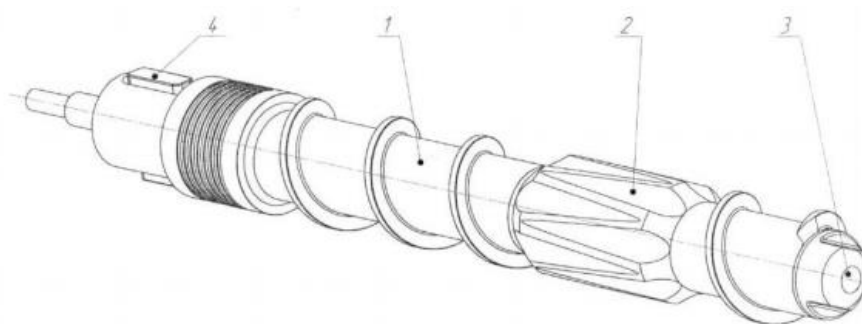


Рисунок 4.5 – Шнек екструдера з елементом Меддока [8]

Шнек екструдера для переробки полімерних матеріалів працює наступним чином. До заготовки шнека 1 механічно прикріплена на різьбі деталь 2, яка містить елемент Меддока, до якої механічно, на різьбі прикріплено конус 3 з фасками під ключ для затягування різьб. Обидві різьби виконано з лівим напрямком для запобігання самотійному відкручуванню, а заготовка шнека містить наскрізний центральний отвір. Шпонки 4 встановлено для передачі крутного моменту обертання шнека. Охолоджуюча рідина через трубу меншого діаметра 5 потрапляє у порожнину деталі, на якій виконано елемент Меддока, та охолоджує її зсередини, після чого потрапляє у зазор між трубами 5 та трубою більшого діаметра 6, і повертається назовні шнека. Прокладки 7 та 8 запобігають потраплянню охолоджуючої рідини, наприклад води у порожнину між трубою більшого діаметра 6 та поверхнею центрального отвору шнека.



Корисна модель [9] належить до екструзійного обладнання для переробки полімерних матеріалів, являє собою робочий орган формування однорідної суміші в зоні гомогенізації одночерв'ячних екструдерів.

Змішувальна секція черв'яка екструдера 3, яка розташована на корпусі черв'яка 1 в розриві гвинтової лінії 2 в зоні гомогенізації екструдера, та має вигляд зрізаних конусів, в яких проточені поздовжні пази 4, що утворюють виступи 5 у вигляді рядів сегментів 6, які напрямлені під кутом  $\alpha$  до каналу входу розплаву. Глибина повздовжніх пазів  $H$  вздовж черв'яка зменшуються пропорційно і дискретно з кожним наступним сегментним рядом таким чином, що перший крок  $S$  між сегментними виступами вздовж черв'яка дорівнює зовнішньому діаметру гвинтової лінії черв'яка, а останній -  $1/5$  зовнішнього діаметра гвинтової лінії черв'яка.

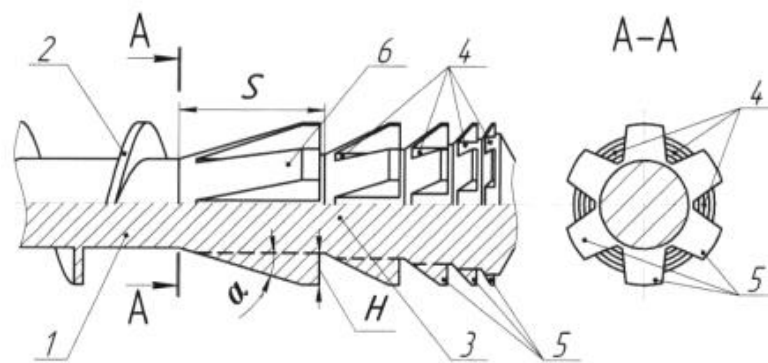


Рисунок 4.6 – Змішувальна секція шнека екструдера [9]

Змішувальна секція працює наступним чином. Розплав полімеру рухається до змішувальної секції внаслідок дії надлишкового тиску, який створюється при обертанні черв'яка. Після потрапляння розплаву полімеру до змішувальної секції відбувається стискування розплаву на конічній поверхні виступів 5 та потрапляння розплаву в робочі поздовжні пази 4. Внаслідок того, що черв'як 1 обертається, то при виході розплаву з поздовжнього робочого паза 4 відбувається розрив високов'язкого потоку внаслідок високих швидкостей зсуву. Далі розплав потрапляє на наступний сегментний ряд 6, де також відбувається попереднє стискання на конічній поверхні, потрапляння потоку розплаву в наступний робочий паз та подальший його

розрив. Оскільки глибина кожного наступного робочого паза 4 зменшується внаслідок чого поздовжні швидкості зсуву в кожному наступному ступені збільшуються, що інтенсифікує процес диспергуючого змішування полімерних композицій

## 4.2 Технічне обґрунтування обраної модернізації термопластавтомата

В результаті літературно-патентного огляду вибрано варіант модернізації шнека [9].

Використання пропонованої конструкції змішувальної секції дозволяє інтенсифікувати процес диспергування агломератів та перемішування диспергованої фази в дисперсному середовищі та внаслідок чого отримати однорідну структуру полімеру.

Суть корисної моделі пояснюється на рис. 4.7, на якому зображено загальний вигляд змішувальної секції черв'яка та її розріз А-А.

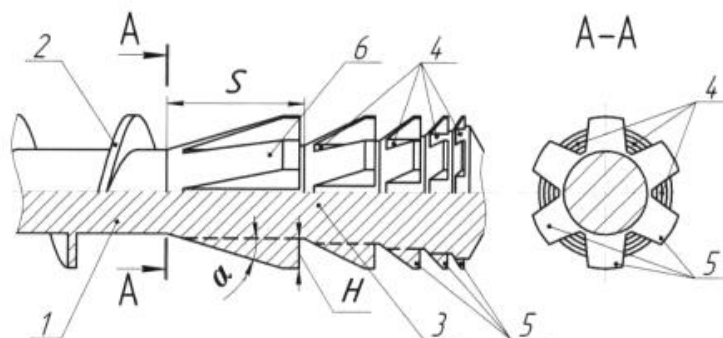


Рисунок 4.6 – Змішувальна секція шнека екструдера

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення конструкції змішувальної секції черв'яка екструдера для досягнення інтенсивного диспергування та перемішування розплаву полімерної композиції.

Поставлена задача вирішується тим, що змішувальна секція черв'яка екструдера, яка розташована на корпусі черв'яка в розриві гвинтової лінії в

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

зоні гомогенізації екструдера, та має вигляд зрізаних конусів, в яких проточені поздовжні пази, що утворюють виступи у вигляді рядів сегментів, які направлені під кутом до каналу входу розплаву. Глибина поздовжніх пазів вздовж черв'яка зменшуються пропорційно і дискретно з кожним наступним сегментним рядом таким чином, що крок між сегментними виступами вздовж черв'яка дорівнює зовнішньому діаметру гвинтової лінії черв'яка, а останній -  $1/5$  зовнішнього діаметра гвинтової лінії черв'яка, загальна кількість сегментних рядів - 5, кількість поздовжніх пазів відповідає кількості сегментних виступів та є однаковою в кожному сегментному ряді.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно закону про охорону праці України на нові машини, апарати, механізми, обладнання необхідно розробити нешкідливі і безпечні умови їх експлуатації обслуговуючим персоналом, необхідно оформити сертифікат на безпечну експлуатацію, згідно з встановленими зразками.

Тема дипломного проекту: «Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації»

Встановлення параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор лінії. Пульти оператора знаходяться у виробничому приміщенні загальною площею  $S = 1000 \text{ м}^2$  і об'ємом  $V = 3400 \text{ м}^3$ . Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлює необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування передбачити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні лінії є:

- Повітря робочої зони;
- Ураження електричним струмом;
- Вплив деталей чи механізмів що рухаються або обертаються, а також матеріалу, що переміщується ;
- Пожежна безпека;
- Виробничий шум і вібрації, які перевищують допустимі норми.

### 5.1 Повітря робочої зони

У виробничому приміщенні працює 1 робітник – оператор. В нашому випадку, згідно ГОСТ 12.1.005-88 робота оператора підлягає під категорію 1б – легка фізична робота, так як до категорії 1б відносяться роботи які,

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконуються в положенні сидючи та стоячи або зв'язані з ходінням і супроводжуються незначними фізичними навантаженнями з енерговитратами 121..150ккал/г (140..174 Вт).

Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення

Таблиця 5.1.1

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Опти-мальна *	Факти-чна	Опти-мальна*	Факти-чна	Опти-мальна*	Факти-чна
Холодний період року	16	21-23	19-21	40-60	50-60	0,1	0,1
Теплий період року	16	22-24	22-25	40-60	50-60	0,1	0,2

Значення величин температури, відносна вологість та швидкість руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення приведенні у таблиці 7.1.1.

З таблиці 7.1.1 видно, що фактичні параметри повітря у робочій зоні виробничого приміщення не перебільшують нормативні. У приміщенні передбачене опалення та кондиціювання повітря, безперервно діюча припливно-витяжна вентиляція, яка забезпечує вміст шкідливих речовин в зоні приміщення в межах допустимих концентрацій, в місцях можливого виділення парів складових поліетилену передбачаються місцеві відсмоктувачі. Технологічна лінія роздування плівки цілком обладнана системами блокувань, що забезпечують її безпечну і безаварійну роботу.

Приток повітря проводиться в робочу зону, для боротьби з випромінюванням нагрівачів опору, які розташовані в трьох зонах нагріву, виконане екранування та ізоляція зон обігріву від навколишнього середовища синтетичним матеріалом типу мінеральної вати та двошоровим металевим кожухом з повітряним прошарком, зменшенню випромінювання також впливає система охолодження, яка є елементом системи термостабілізації ДСНЗ.3.6.042-99.

## 5.2 Електробезпека

Агрегат для грануляції полістиролу, що розробляється, при роботі буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна, згідно ПУЕ приміщення належить до приміщень з підвищеною безпекою.[10]

На пульті керування машиніста напруга  $U = 220$  В, частота  $f = 50$  Гц, для електродвигунів, що використовуються на лінії напруга  $U = 380$  В, частота  $f = 50$  Гц. Тип електромережі – різноманітний із глухо заземленою нейтралю.

Основними причинами дії струму на людину являються:

- Коротке замикання;
- Випадковий контакт або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин;
- Виникнення напруги на металічних частинах обладнання в результаті пошкодження ізоляції або помилкових дій персоналу;
- Старіння ізоляційного матеріалу;
- Помилкове включення;
- Крокова напруга.

У зв'язку з цим основними заходами від пошкодження струмом є:

- Ізоляція;

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- Недосяжність струмоведучих частин;
- Електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- Захисне занулення ;
- Рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- При роботі з електроінструментом, необхідно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і колоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- Проводити роботи на незаземлених вузлах лінії;
- Робити розборку і ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- Допускати удари металічними предметами, щоб запобігти іскроутворенню;
- Курити, запалювати сірники, розводити відкритий вогонь, проводити зварювальні роботи;
- Залишати лінію, що працює без нагляду;
- Допускати у приміщення осіб, що не пройшли навчання і перевірку знань з питань охорони праці та техніки безпеки.

### 5.3 Безпека від впливу частин, що рухаються або обертаються

Механізмами що обертаються в лінії є муфти, шестерні, вали. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині. Для застерігання травм використовують огороження, шестерні і вали закриті корпусами. Для аварійної зупинки лінії передбаченні аварійні кнопки відключення. На електродвигунах встановленні аварійні вимикачі.[10]

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.4 Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі лінії є:

- Електродвигуни;
- Редуктори;
- Вентилятори;
- Система охолодження.

У результаті замірів при експлуатації обладнання значення шуму  $L_{вдж} = 100$  дБА,. Це означає прийняття наступних обмежень для захисту від виробничого шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться, наявність прокладочних матеріалів;
- застосування захисних кожухів.

Це забезпечить зниження рівня шуму на  $\Delta L = 30$  дБА.

Джерелами вібрації є: електродвигун та частини лінії що обертаються.[11]

Зусилля вібрації починається з неточності встановлення частин що обертаються, з нещільного приєднання корпусів частин що обертаються до фундаменту.

У даному випадку спостерігається технологічна вібрація, яка переходить через опірні поверхні на оператора. Робітник у незначній мірі піддається вібрації, бо знаходиться далеко від основи машини – біля пульта керування. Таким чином спільна вібрація не діє на організм оператора. Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 90 дБ при частоті 4 Гц, що відповідає ДСН 3.36.039 – 99.

Зниження вібрації досягається застосуванням наступних мір:

- шляхом установки лінії на фундамент;
- за рахунок використання амортизаторів;
- за рахунок додаткових ребер жорсткості;

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- покриття корпусів редукторів: жорстких, металічних, на основі алюмінію ( тому що спостерігаються вібрації низьких частот).

Сумарний час роботи в контактi з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість безперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 40 хвилин.

### 5.5 Пожежна безпека

У виробничому цеху, де працює термопластавтомат для виробництва продукції з полістиролу може спалахнути: промаслена ветош, машинне масло, електропроводка, електрообладнання.

На основі цього: приміщення, де знаходиться лінія відноситься до категорії „В” ОНТП 24-86, і класу зони П-Па ( ПУЕ ), ступінь вогнестійкості III згідно СніП 2.01.02-85.[12]

Це виробництво в якому використовуються рідини з температурою спалаху вище 61°C і горючі пили або волокна, нижня границя займання яких більше 65 мг/м<sup>3</sup>, тверді речовини і матеріали, що займаються, які здатні лише горіти, але не вибухати при контактi з повітрям, водою або один з одним.

Можливі причини пожежі:

- струм, перевантаження, великі перехідні опори;
- несправність електрообладнання;
- іскри при електро і газозварювальних роботах.

Заходи по попередженню пожежі передбачають вибір незгоряємих матеріалів, а також організаційні заходи.

В якості засобів гасіння пожежі використовують порошкові вогнегасники САМ – 9 (5 шт.). Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (10 шт.).[12]

На верхній сферичній частині кожного балона мають бути чітко нанесені тавруванням наступні дані:

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Товарний знак заводу-виробника;
- Номер балона по системі нумерації підприємства-виробника;
- Дата виготовлення(випробування) і рік наступного випробування;
- Вид термообробки;
- Робочий тиск та пробний гідравлічний тиск;
- Об'єм балона;
- Маса балона;
- Клеймо ОТК.

У час виникнення пожежі передбачена пожежна сигналізація – теплові оповіщуючі пристрої типу ДТП. Інформація від оповіщувачів надходить на приймальну станцію. При виникненні пожежі, люди повинні залишити приміщення. Відповідно до СН.П 2.09.02-85 в приміщенні знаходяться два евакуиходи. Сам цех – це приміщення, яке розташоване на першому поверсі.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Розроблений бакалаврський дипломний проект на тему: “Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації”.

Бакалаврський дипломний проект складається з пояснювальної записки, розрахунків і графічної частини, які повністю висвітлюють сутність модернізації ТПА.

У пояснювальній записці зроблено опис призначення та галузь використання ТПА.

Представлено технічні характеристики ТПА та виконаний опис конструкції і принцип роботи машини.

Було проаналізовано ряд варіантів сучасних конструкцій механізмів пластикації. Згідно з цією метою проведено літературно-патентний пошук та розглянуто ряд патентних описів стосовно технічного завдання на дипломне проектування.

Запропонований патент направлений на підвищення якості змішування, гомогенізації та уніфікації ТПА в цілому.

Пояснювальна записка містить відомості про відповідність розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. Розроблені креслення технологічної схеми, машини для лиття в цілому та її окремих вузлів.

Параметричні та міцнісні розрахунки довели, що модернізований шнек придатний для роботи в заданих умовах та витримує прикладені навантаження.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972.—268 с.
2. <https://vmasshtabe.ru/promzona/tehnologicheskaya-shema-litya-pod-davleniem.html>
3. <https://studbooks.net/1424475/tovarovvedenie/ekstruziya>
4. Патент №1737 UA, Кл. В29С47/60 Мікульонок Ігор Олегович, Новік Валерій Олександрович, Радченко Леонід Борисович, Сівецький Володимир Іванович .- Опубл. 15.04.2003
5. Пат. України №119631U, МПК А23N 17/00, В29С 47/00, В30В 11/22 (2006.01), В29L 31/00 (2006.01), опубл. 25.09.2017
6. Пат.України №112597U, МПК (2016.01), В29В 7/82 (2006.01), В29С 47/00, опубл. 26.12.2016
7. Пат.України № 116277U, МПК В29С 47/36 (2006.01), В30В 9/14 (2006.01), опубл. 10.05.2017
8. Пат.України №125674U, МПК В29С 47/88 (2006.01), опубл. 25.05.2018
9. Пат. України №127554U, МПК В29С 47/60 (2006.01), В30В 11/24 (2006.01), опубл. 10.08.2018.
10. К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний. Основи охорони праці. – К.: Основа, 2006 — 448 с.
11. ДСН 3.3.6.037–99.Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.– К.: МОЗ України, 2000 – 29с.
12. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник — Львів: УАД, 2006. – 336 с.

					ЛП51(1)7246.01-70ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **РОЗРАХУНКИ**

## ЗМІСТ

1 Розрахунки основних параметрів машини для лиття під тиском .....	2
1.1 Розрахунок геометрії черв'яка .....	2
1.2 Розрахунок продуктивності термопластавтомата при переробці полістиролу.....	4
1.3 Розрахунок потужності приводу машини для лиття.....	5
1.4 Розрахунок тиску, який розвиває черв'як в машині.....	8
1.5 Розрахунки вісьового зусилля та вибір упорного підшипника.....	9
2 Розрахунок модернізації.....	11
2.1 Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність .....	11
2.2 Тепловий розрахунок.....	14
2.3 Підтвердження модернізації.....	18
Висновки .....	20
Перелік посилань.....	21

					ЛП51(1).16.7242.02-70PP				
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата					
Розроб.	Славінський				Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації	Літ.	Арк.	Акрцшів	
Перевір.	Шпаповал						1	21	
Реценз.						НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»			
Н. Контр.									
Затверд.	Гондляр								

# 1 Розрахунки основних параметрів машини для лиття під тиском

## 1.1 Розрахунок геометрії черв'яка

Мета: розрахувати геометричні параметри черв'яка[1]

Вихідні дані:

Діаметр черв'яка  $D=40$  мм ;

Відношення довжини черв'яка до діаметра  $L/d=25$

Крок гвинтової лінії черв'яка:

$$t=(0,8\div 1,2)\times D=1,0\times 40=40 \text{ мм ;}$$

Ширина гребеня витка:

$$e=(0,08\div 0,1)\times D=0,1\times 40=4 \text{ мм ;}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження (під завантажувальною воронкою):

$$h_1=(0,08\div 0,12)\times D=0,12\times 40=4,8 \text{ мм ;}$$

Глибина гвинтового каналу в зоні дозування (на кінці черв'яка):

$$h_2=0,5\left[D-\sqrt{D^2-\frac{4h_1}{i}(D-h_1)}\right]=0,5\left[40-\sqrt{40^2-\frac{4\cdot 4,8}{2,35}(40-4,8)}\right]=1,9 \text{ мм}$$

де  $i$  – ступінь стиску, що складає  $\approx 2,35$  для полістиролу.

Радіальний зазор  $\delta$  між внутрішньою поверхнею корпусу і зовнішнього витка черв'яка:

$$\delta=0,003\times D=0,003\times 40=0,12 \text{ мм ;}$$

Діаметр стержня в зоні завантаження:

$$d_1=D-2\times h_1=40-2\times 4,8=30,4 \text{ мм ;}$$

Діаметр стержня в зоні дозування:

$$d_2=D-2\times h_2=40-2\times 1,9=36,2 \text{ мм ;}$$

Крок нарізки:

$$t=(0,8\div 1,2)D=1\times 40=40 \text{ мм ;}$$

Довжина робочої частини черв'яка:

$$l_{роб}=25\times D=25\times 40=1000 \text{ мм ;}$$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжина торпеди:

$$l_{торп} = (0,6 \div 0,8) \cdot D = 0,7 \cdot 40 = 28 \text{ мм}$$

Довжина шліцьової частини:

$$l_{шл} = (1,25 \div 1,5) \times D = 1,5 \times 40 = 60 \text{ мм}$$

Довжина циліндричної частини черв'яка:

$$l_{цил} = (2 \div 3) \times D \pm 5 = 2 \times 40 = 80 \text{ мм ;}$$

Довжина відбійної частини:

$$l_{відб} = (0,1 \div 0,5) \times D = 0,5 \times 40 = 20 \text{ мм ;}$$

Довжина хвостової частини:

$$l_{хв} = l_{шл} + l_{цил} + l_{відб} = 60 + 80 + 20 = 160 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування:

$$l_{доз} = (8 \div 12) \times D = 8 \times 40 = 320 \text{ мм ;}$$

Довжина завантажувальної зони:

$$l_{зав} = (12 \div 15) \times D = 12 \times 40 = 480 \text{ мм ;}$$

Довжина зони стиску:

$$l_{ст} = l_{роб} - l_{доз} - l_{зав} = 1000 - 320 - 480 = 200 \text{ мм ;}$$

Загальна довжина черв'яка:

$$L = l_{роб} + l_{хв} = 1000 + 160 = 1160 \text{ мм .}$$

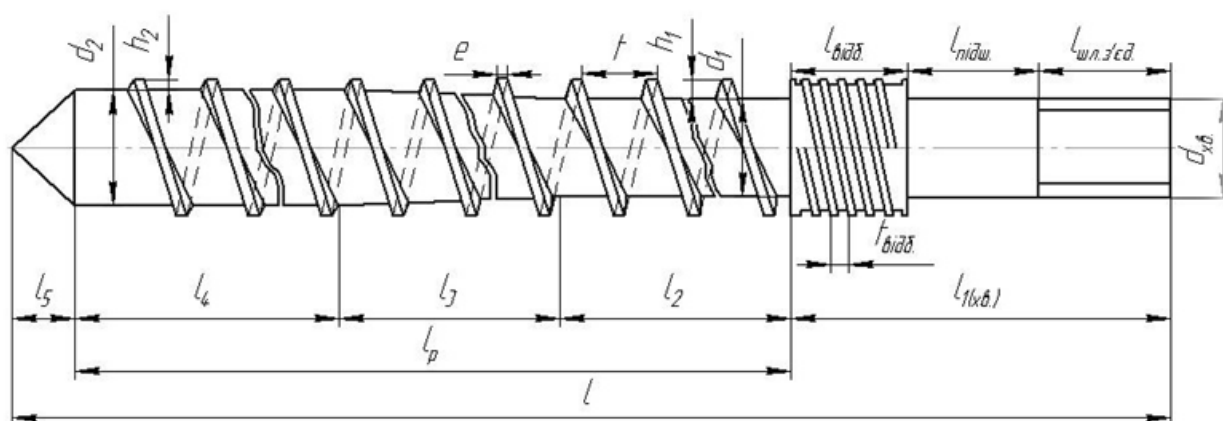


Рисунок **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..**  
Схема частин черв'яка для розрахунків його параметрів

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3



## 1.2 Розрахунки продуктивності термопластавтомата при переробці полістиролу

Мета розрахунків: визначення максимальної теоретичної продуктивності ТПА при переробці ПС.

Вихідні дані для розрахунків:

Максимальне число обертів черв'яка $N$ , об/с	2
- Зовнішній діаметр черв'яка $D$ , м	0,04
- Міжвитковий крок черв'яка $t$ , м	0,04
- Ширина витка $E$ , м	0,004
Число заходів черв'яка $I$	1
- Діаметр сердечника черв'яка в зоні завантаження $D_1$ , м	0,0304
- Глибина гвинтового каналу в зоні завантаження $H_1$ , м	0,0048
- Глибина гвинтового каналу в зоні дозування $H_2$ , м	0,0019
Матеріал, що перероблюється в машині	ПС

Розрахунки, наведені у даному розділі, проведено з використанням методики, наведеної в [1].

Ефективну продуктивність ТПА при максимальному числі обертів черв'яка і для сумішей, які добре екструдують, визначаємо за формулою:

$$Q = 60V_{cp}NI\rho\beta,$$

де  $\rho = 1,04 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  - густина ПС,

$\beta = 0,2$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору,

$V_{cp}$  - середній об'єм простору між двома витками однозахідного черв'яка:

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2},$$

де  $V_H$  об'єм гвинтового каналу черв'яка; об'єм відноситься до одного кроку

витка біля завантажувальної горловини:

$$V_H = \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4}(T - E) = \frac{3,14(0,04^2 - 0,0304^2)}{4}(0,04 - 0,004) = 55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3,$$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_K$  - об'єм гвинтового каналу черв'яка, який відноситься до одного кроку біля

сопла:

$$V_K = \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4} (T - E) = \frac{3,14(0,04^2 - 0,0362^2)}{4} (0,04 - 0,004) = 20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$V_{cp} = \frac{V_H + V_K}{2} = \frac{55 + 20}{2} \cdot 10^{-6} = 37,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Ступінь стиснення полімеру:

$$K = \frac{V_H}{V_K} = \frac{55 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 10^{-6}} = 2,75$$

Розрахункова продуктивність машини:

$$Q = 60 V_{cp} N I \rho \beta = 60 \cdot 37,5 \cdot 10^{-6} \cdot 150 \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 10^3 \cdot 0,2 = 60 \text{ кг / год}$$

Задана продуктивність машини, згідно з технічним завданням:

$$Q = 50 \text{ кг / год}$$

Повна розрахована продуктивність машини  $Q = 60 \text{ кг / год}$ . Таким чином, результати розрахунків продуктивності машини, згідно з технічним завданням на розробку машини для лиття є правильними.

### 1.3 Розрахунок потужності приводу машини для лиття

Мета розрахунків: визначення потужності, що витрачається на переробку певної кількості полістиролу.

Вихідні дані:

Крок гвинтової нарізки черв'яка	$t = 40 \text{ мм}$
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 40 \text{ мм}$
Тиск на виході із зони дозування	$\Delta P = 35 \text{ МПа}$
Діаметр сердечника в зоні дозування	$d_1 = 36,2 \text{ мм}$
Діаметр сердечника в зоні завантаження	$d_2 = 30,4 \text{ мм}$
Глибина нарізки на початку зони дозування	$h_2 = 1,9 \text{ мм}$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Глибина нарізки в зоні завантаження

$$h_1 = 4,8 \text{ мм}$$

Довжина зони дозування

$$L = 320 \text{ мм}$$

Ширина гребня витка черв'яка

$$e = 4 \text{ мм}$$

Радіальний зазор між черв'яком і корпусом

$$\delta = 0,12 \text{ мм}$$

Потужність, яка споживається машиною для лиття при переробці пластичних мас, витрачається на переміщення матеріалу в гвинтовому каналі черв'яка та на зсув матеріалу в зазорі між гребенем і внутрішньою стінкою гільзи.[2]

Потужність розроблюваної черв'ячної машини:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta},$$

де  $N_1$  – потужність, що витрачається на примусове проходження пластичної маси по гвинтовому каналу черв'яка:

$$N_1 = \frac{\pi^3 \cdot (t - e) \cdot L \cdot J \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot t} \cdot n^2 + \frac{a_2 \cdot \Delta P \cdot n \cdot 10^{-2}}{6},$$

$N_2$  – потужність, що витрачається на зріз матеріалу у зазорі між вершиною витка та стінкою циліндра:

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot \pi^3 \cdot D^3 \cdot e \cdot L \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot n}{36 \cdot \delta \cdot t},$$

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії машини і неврахованих втрат;  $\eta = 0,5$  ;

де  $J$  – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$J = \frac{\pi^2 \cdot D^2 - 4 \cdot t^2}{\pi^2} + \frac{(D - d_2) \cdot (D + d_1)}{3 \cdot (d_2 - d_1)} + \frac{2.3 \cdot \pi^2 \cdot D^5}{(t + \pi^2 \cdot D^2) \cdot (h_1 - h_2)} \cdot \lg \frac{h_1}{h_2},$$

$$J = \frac{3.14^2 \cdot 40^2 - 4 \cdot 40^2}{3.14^2} + \frac{(40 - 36,2) \cdot (40 + 30,4)}{3 \cdot (36,2 - 30,4)} + \frac{2.3 \cdot 3.14^2 \cdot 40^5}{(40 + 3.14^2 \cdot 40^2) \cdot (4,8 - 1,9)} \cdot \lg \frac{4,8}{1,9} = 2,1 \cdot 10^4.$$

Швидкість зсуву полімеру в гвинтовій нарізці черв'яка, необхідну для визначення ефективної динамічної в'язкості, можна визначити по формулі:

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = \frac{\pi^2 \cdot D^2 \cdot n}{60 \cdot \delta \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot D^2 + t^2}} = \frac{3.14 \cdot 40^2 \cdot 120}{60 \cdot 0,12 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot 40^2 + 40^2}} = 635,23 \text{ сек}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву 635,23сек<sup>-1</sup>:

$$\mu_{\text{эф}} = 0,14 \times 10^{-3} \text{ Па с};$$

$$N_2 = \frac{10^{-4} \cdot 3,14^3 \cdot 40^3 \cdot 4 \cdot 320 \cdot 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{36 \cdot 0,12 \cdot 40} = 24,66 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}.$$

Ефективна динамічна в'язкість визначається з графічної залежності при температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву розплаву, обумовленої по формулі:

$$S = \frac{\pi^2 \cdot (D - h_{\text{cp}}) \cdot (D - 2 \cdot h_{\text{cp}}) \cdot n}{60 \cdot h_{\text{cp}} \cdot \sqrt{\pi^2 \cdot (D - 2h_{\text{cp}})^2 - t^2}},$$

де  $h_{\text{cp}}$  – середня глибина гвинтового каналу черв'яка:

$$h_{\text{cp}} = \frac{h_2 + h_1}{2} = \frac{4,8 + 1,9}{2} = 3,35 \text{ мм},$$

$$S = \frac{3.14^2 \cdot (40 - 3,35) \cdot (40 - 2 \cdot 3,35) \cdot 120}{60 \cdot 3,35 \cdot \sqrt{3.14^2 \cdot (40 - 2 \cdot 3,35)^2 - 40^2}} = 74,36 \text{ с}^{-1},$$

Ефективна в'язкість при температурі розплаву 200°C і швидкості зсуву 74,36 с<sup>-1</sup>;

$$\mu_{\text{эф}} = 0,63 \times 10^{-3} \text{ Па с};$$

$$N_1 = \frac{3.14^3 \cdot (40 - 4) \cdot 320 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 0,63 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-4}}{36 \cdot 40} \cdot 120^2 + \frac{292,55 \cdot 35 \cdot 120 \cdot 10^{-2}}{6} = 7,6 \text{ кВт},$$

Загальна потужність машини буде дорівнювати:

$$N = N_1 + N_2 = 7,6 + 24,66 \cdot 10^{-3} = 7,63 \text{ кВт},$$

З огляду на ККД машини, споживана нею буде наступною:

$$N = \frac{N}{\eta} = \frac{7,63}{0,5} = 15,26 \text{ кВт}$$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення певного запасу потужності машини в проєкті застосовано електродвигун з потужністю  $N = 18,5 \text{ кВт}$ , згідно з номінальним рядом серійних електродвигунів.

#### 1.4 Розрахунок тиску, який розвиває черв'як в машині

Мета розрахунків: визначити тиск, який розвиває черв'як в технологічному процесі.

Вихідні дані:

Встановлена потужність машини	$N = 18,5 \text{ кВт}$ ,
Максимальне число обертів черв'яка	$N_1 = 120 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ ,
Зовнішній діаметр черв'яка	$D = 0,04 \text{ м}$ ,
Внутрішній діаметр черв'яка	$D_g = 0,0362 \text{ м}$ ,
К.К.Д. приводу машини	$\eta = 0,5$

Розрахунки проводимо згідно з [3].

Вісьове зусилля, яке виникає у гвинтовому каналі черв'яка, визначається за формулою:

$$P_z = \frac{19500 \cdot N \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi}{N_1 \cdot D} = \frac{19500 \cdot 18,5 \cdot 0,5 \cdot \text{tg}(17^\circ 40')}{120 \cdot 0,04} = 11964 \text{ Н},$$

$\alpha = 17^\circ 40'$  - кут підйому витка в зоні дозування,

Питомий тиск, який розвиває черв'як:

$$P = \frac{P_z}{F} = \frac{P_z}{\pi \cdot (R^2 - R_g^2)} = \frac{11964}{3,14 \cdot (0,02^2 - 0,0181^2)} = 34785453 \text{ Па} = 34,8 \text{ МПа},$$

де  $R = 0,02 \text{ м}$  - зовнішній радіус витків черв'яка,

$R_g = 0,0181 \text{ м}$  - внутрішній радіус витків черв'яка.

Приймаємо значення розрахункового тиску, який створює черв'як, рівним  $P = 35 \text{ МПа}$ .

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## 1.5 Розрахунки вісьового зусилля та вибір упорного підшипника

Мета розрахунків:

- 1) визначення вісьового зусилля, яке діє на черв'як;
- 2) підбір необхідного підшипника.

Вихідні дані для розрахунків:

- Зовнішній діаметр черв'яка  $D$ , м 0,04
- Діаметр сердечника черв'яка  $D_2$ , м 0,034
- Зусилля у гвинтовому каналі  $P_z$ , Н 11964
- Максимальне число обертів черв'яка  $N_1$ , об/с 2

Розрахунок проведено згідно з методикою, представленою в [6].

Вісьове зусилля ( $P_{oc}$ ), яке діє на черв'як, складається:

- 1) із зусиль, що виникають у гвинтовому каналі черв'яка ( $P_z$ )
- 2) із зусиль, що виникають при видавлюванні пластичної маси через сопло машини ( $P_e$ ):

$$P_{oc} = P_z + P_e,$$

де  $P_e$  – вісьове зусилля, яке діє на черв'як зі сторони сопла:

$$P_e = P_{num} F,$$

де  $P_{num} = 35 \text{ МПа}$  - питомий тиск суміші на виході із машини;

$F$  - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,001256 \text{ м}^2$$

Визначимо осьове зусилля, яке діє на черв'як зі сторони сопла:

$$P_e = P_{num} \cdot F = 35 \cdot 10^6 \cdot 0,001256 = 43960 \text{ Н}$$

Загальне осьове зусилля, яке діє на черв'як:

$$P_{oc} = P_z + P_e = 11964 + 43960 = 55924 \text{ Н}$$

Вісьове навантаження, яке діє на черв'як, сприймає упорний роликовий підшипник.

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо еквівалентне динамічне навантаження, яке діє на підшипник:

$$P = (P_{oc} + 1,2P_r)k_b k_t = (55924 + 1,2 \cdot 0)1,2 \cdot 1,02 = 68451H = 68,5кН$$

де  $P_r = 0$  - радіальне зусилля;  $k_b = 1,2$  динамічний коефіцієнт;  $k_t = 1,02$  - температурний коефіцієнт .

Довговічність підшипника:

$$L_n = \frac{10^6}{60N} \left( \frac{C}{P} \right)^{3,33} = \frac{10^6}{60 \cdot 120} \left( \frac{88400}{68451} \right)^{3,33} = 1171,8200$$

де  $C = 88400$  Н – динамічна вантажопідйомність підшипника.

В результаті: для розроблюваної машини вибрано підшипник упорний роликовий конічний однорядний № 52310(38310).

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 Розрахунок модернізації

### 2.1 Розрахунок черв'яка на стійкість та міцність

Мета: перевірити черв'як на стійкість та міцність.

Вихідні дані:

- Потужність, яка споживається черв'яком $N$ , кВт	18,5
- Швидкість обертання черв'яка $n$ , об/хв	120
- Довжина робочої частини черв'яка $L$ , м	1
- Допустиме напруження для сплаву 40ХН2МА $[\sigma]_p$ , МПа	200
- Радіус сердечника черв'яка $R$ , м	0,0152
- Межа втоми при крученні для сталі 40ХН2МА $\tau^{-1}$ , Па	$280 \cdot 10^6$
- Межа втоми при стиску 40ХН2МА $[\sigma_{сж}]$ , Па	$250 \cdot 10^6$
- Коефіцієнт стану поверхні $\beta$	0,9
- Ефективний коефіцієнт концентрації напружень $K_\tau$	1,9
- Коефіцієнт, що враховує вплив постійної складової напруження $\varepsilon_\tau$	0,52
- Коефіцієнт, що враховує вплив напруження $\zeta$	0,05
- Маса черв'яка $G$ , Н	95

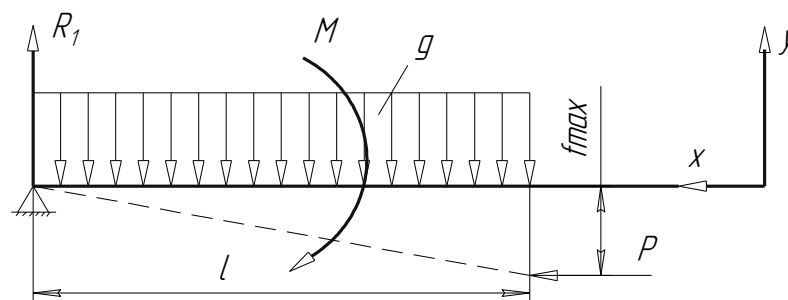


Рисунок 2.1 Розрахункова схема сил, що діють на черв'як

На черв'як діє вісьове зусилля, що виникає у гвинтовому каналі черв'яка, та зусилля, що виникає при видавлюванні перед соплом.

Крутний момент, який діє на черв'як:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n} = \frac{9550 \cdot 18,5}{120} = 1472 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Для визначення розрахункової схеми перевіримо черв'як на гнучкість:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I},$$

де  $\lambda$  - гнучкість черв'яка;

$\mu = 2$  – коефіцієнт, який залежить від способу закріплення кінців валу

$I$  - радіус інерції перерізу черв'яка, який визначається за формулою:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)},$$

де  $I_{\min}$  - момент інерції поперечного перерізу черв'яка, визначений за формулою:

$$I_{\min} = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,034^4}{64} = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

де  $F$  - площа поперечного перерізу черв'яка, визначена за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,0304^2}{4} = 0,00073 \text{ м}^2$$

Знаходимо радіус інерції:

$$I = \sqrt{\left(\frac{I_{\min}}{F}\right)} = \sqrt{\left(\frac{4,2 \cdot 10^{-8}}{0,00073}\right)} = 0,0076 \text{ м}$$

Середня гнучкість черв'яка:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{I} = \frac{2 \cdot 1}{0,0076} = 263$$

Визначимо критичну силу у перерізі:

$$P_{kp} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{4 \cdot L^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 4,2 \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 1^2} = 21740 \text{ Н}$$

Перевіряємо найбільш слабкий переріз на кручення:

$$N_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_p \cdot \left(\frac{k_{\tau}}{\beta \cdot \varepsilon_{\tau}} + \zeta_{\tau}\right)} = \frac{280 \cdot 10^6}{133 \cdot 10^6 \left(\frac{1,9}{0,9 \cdot 0,52} + 0,05\right)} = 0,51$$

де  $\tau_p$  - розрахункове напруження кручення, визначене за формулою:

$$\tau_p = \frac{M_{kp}}{2 \cdot W_{ro}} = \frac{1472}{2 \cdot 5,5 \cdot 10^{-6}} = 133 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $W_{ro}$  – полярний момент опору крученню перерізу черв'яка з урахуванням жорсткості витків.

$$W_{ro} = 2 \cdot \frac{I_{\min}}{R} = 2 \cdot \frac{4,2 \cdot 10^{-8}}{0,0152} = 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Запас міцності  $n_t = 1,125$  найбільш слабого перерізу черв'яка задовольняє.

Умова стійкості черв'яка:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F} = \frac{21740}{0,00073} = 29,78 \text{ МПа}$$

$$\text{Допустиме напруження на стійкість: } [\sigma]_y = \frac{[\sigma_{сж}] \cdot \varphi}{n_y}$$

де  $\varphi = 0,76$  - коефіцієнт зниження напружень,

$[\sigma]_y$  - основне допустиме напруження, знайдене за формулою:

$$[\sigma]_y = \frac{[\sigma_{сж}] \cdot \varphi}{n_y} = \frac{250 \cdot 0,76}{1,125} = 168 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma]_y$$

Умова стійкості виконується.

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot L}{2} = \frac{95 \cdot 1}{2} = 47,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\text{де, } Q = \frac{G}{L} = \frac{95}{1} = 95 \text{ Н / м}$$

G – маса черв'яка.

Момент опору перерізу черв'яка по сердечнику:

$$W = \frac{\pi \cdot D^4}{32 \cdot D} = \frac{3,14 \cdot 0,0304^4}{32 \cdot 0,0304} = 2,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження згину:

$$\sigma_u = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{47,5}{2,76 \cdot 10^{-6}} = 17,2 \text{ МПа}$$

Еквівалентні напруження:

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{ekb} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + \alpha_u^2 + \frac{1}{2}(\tau_p)^2} = \sqrt{29,78^2 + 17,2^2 + \frac{1}{2}133^2} = 100,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{екв} < [\sigma]_p$$

$$100,1 \text{ МПа} < 200 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується. Черв'як з даною геометрією підходить за міцністю та стійкістю.

## 2.2 Тепловий розрахунок

Мета розрахунків: визначити кількість теплоти, яку необхідно підвести електронагрівачами.

Переробка полістиролів на черв'ячних машинах супроводжується складними тепловими процесами. [4]

Проте через відсутність надійних експериментальних досліджень теплових процесів у черв'ячних машинах і установках не можна скласти закінченої і докладної методики розрахунків теплових процесів і режимів, тому розглянемо тільки деякі питання теплообміну в черв'ячних машинах.

Вихідні дані:

Потужність встановленого електродвигуна  $N=18,5 \text{ кВт}$

Початкова температура матеріалу  $t_{поч} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Кінцева температура матеріалу  $t_k = 190 \text{ }^\circ\text{C}$

Тепловий баланс черв'ячної машини можна представити як:

$$Q_N + Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{поч}) + Q_{ном},$$

де  $Q_N$  – енергія, що виділяється при роботі черв'яка,

$$Q_N = N \cdot \eta_1 \cdot \eta_2,$$

$\eta_1=0.6$  - ККД приводу машини,

$\eta_2=0.9$  - ККД електродвигуна,

$$Q_N = 18,5 \cdot 0.6 \cdot 0.9 = 10 \text{ кВт},$$

де  $Q_{N1}$  - кількість теплоти, що підводиться до корпусу

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електронагрівачами,

$G_M=60\text{кг/год}=60/3600=0,0167 \text{ кг/с}$  – продуктивність машини при переробці полістиролу,

$C_M=3,5 \text{ кДж/(кг } ^\circ\text{C)}$  - теплоємність полістиролу,

$t_K=190^\circ \text{ C}$  – температура, до якої потрібно нагріти матеріал,

$t_{\text{поч}}=20^\circ \text{ C}$  – температура, з якою матеріал надходить у машину,

$Q_{\text{втр}}$  - втрати теплоти в навколишнє середовище,

$$Q_{\text{втр}} = Q_K + Q_{\text{випр}},$$

де  $Q$  - втрати теплоти в навколишнє середовище конвекцією,

$$Q_K = \alpha_K \cdot F \cdot (t_{\text{кож}} - t_{\text{пов}}),$$

$Q_{\text{випр}}$  - втрати тепла в навколишнє середовище випромінюванням,

$$Q_{\text{випр}} = 5.67 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right),$$

де  $t_{\text{кож}}=45^\circ \text{ C}$  - температура поверхні кожуха машини,

$t_{\text{пов}}=20^\circ \text{ C}$  - температура навколишнього повітря,

$T_1=318\text{K}$  - абсолютна температура поверхні кожуха,

$T_2=293\text{K}$  - абсолютна температура навколишнього повітря,

$F$  - теплообмінна поверхня машини,

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 0,08 \cdot 0,9 = 0,23 \text{ м}^2$$

$\varepsilon=0.72$  - ступінь чорноти, для сталі,

$\alpha_K$  - коефіцієнт тепловіддачі від стінки корпуса черв'ячної машини в навколишнє середовище конвекцією,

$$\alpha_K = Nu \cdot \frac{\lambda}{d},$$

де  $Nu$  - критерій Нуссельта,

$d = 0,08 \text{ м}$  – діаметр теплообмінної поверхні,

$l = 0,9 \text{ м}$  – довжина теплообмінної поверхні

$\lambda=2.33 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}^*\text{ч}^*\text{град)}$ ,

Критерій Нуссельта визначаємо з рівняння:

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n,$$

де Gr - критерій Грасгофа,

$$Gr = \frac{g \cdot d^3 \cdot \beta \cdot \Delta t}{\vartheta^2},$$

$\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення,

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{cp}},$$

Pr=0.7 - критерій Прандтля,

$\vartheta = 16.48 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості,

Визначимо значення розрахункової температури:

$$t_{cp} = \frac{t_{кож} + t_{пов}}{2} = \frac{45 + 20}{2} = 32.5^\circ\text{C},$$

$$\beta = \frac{1}{273 + 32.5} = 3.27 \cdot 10^{-3},$$

$$Gr = \frac{9.81 \cdot 0.08^3 \cdot 3.27 \cdot 10^{-3} \cdot (45 - 20)}{(16.48 \cdot 10^{-6})^2} = 1.5 \cdot 10^6,$$

$$Gr \cdot Pr = 1.5 \cdot 10^6 \cdot 0.7 = 1.05 \cdot 10^6,$$

Підставивши значення  $C=0.54$  і  $n=1/4$  у рівняння для визначення критерію Нуссельта, одержимо:

$$Nu = 0.54 \cdot (1.05 \cdot 10^6)^{\frac{1}{4}} = 17,29;$$

$$\alpha_K = 17,29 \cdot \frac{2.35 \cdot 10^{-2}}{0.08} = 5,08 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$Q_K = (5,08 \cdot 0,23 \cdot (45 - 20)) = 29,21 \text{ Вт},$$

$$Q_{випр} = 5,67 \cdot 0,72 \cdot 0,23 \cdot \left( \left( \frac{318}{100} \right)^4 - \left( \frac{293}{100} \right)^4 \right) = 26,82 \text{ Вт},$$

$$Q_{втр} = 29,21 + 26,82 = 56,03 \text{ Вт},$$

Кількість теплоти, що необхідно підвести до машини електронагрівачами визначимо із рівняння :

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$Q_{N1} = G_M \cdot C_M \cdot (t_k - t_{ноч}) + Q_{втр} - Q_N,$$

$$Q_{N1} = 60 \cdot 3,5 \cdot (190 - 20) + 0,056 - 10 = 35,7 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення нагрівання матеріалу до заданої температури і компенсації втрати тепла в оточуюче середовище на корпусі встановлено 3 керамічних нагрівника.

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Підтвердження модернізації

Було зроблено 3D модель модернізованого шнека та виконано міцнісний розрахунок в програмі ANSYS Workbench. Результати розрахунків наведені нижче.

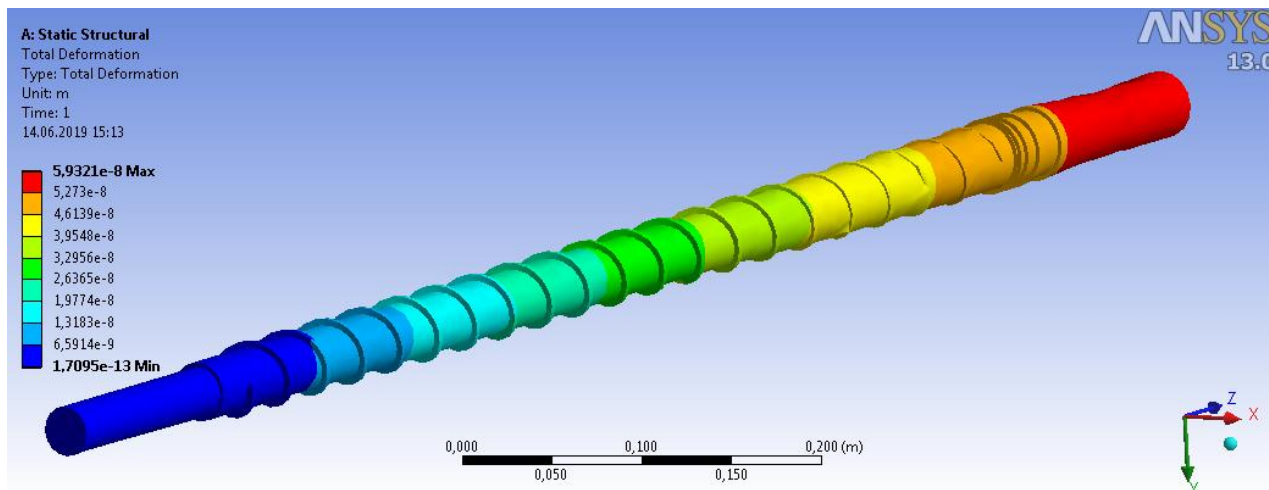


Рис.2.2 – Загальні деформації

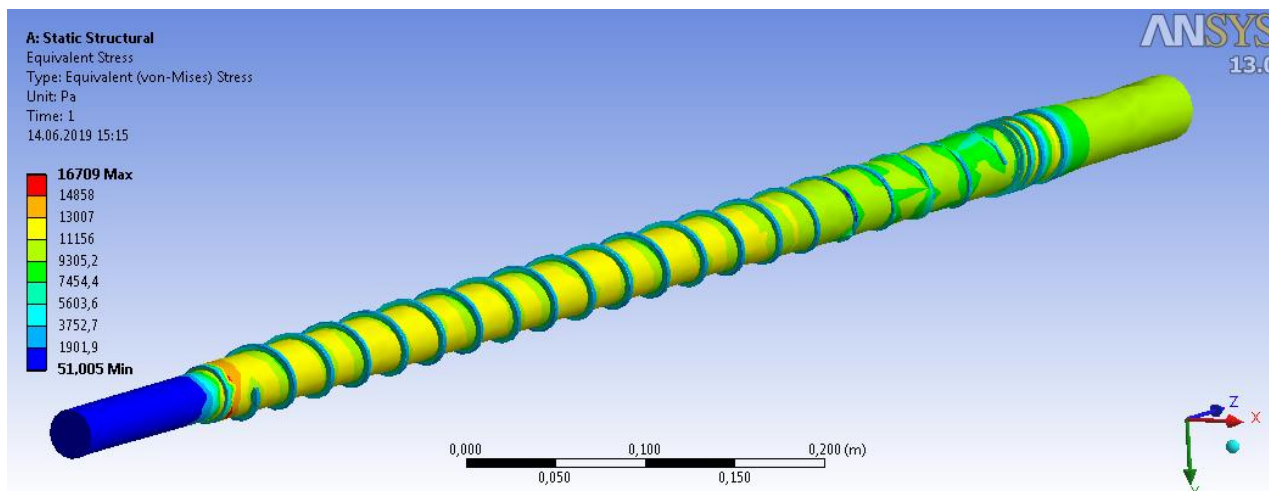


Рис.2.3 – Еквівалентні напруження на розтяг-стиск

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

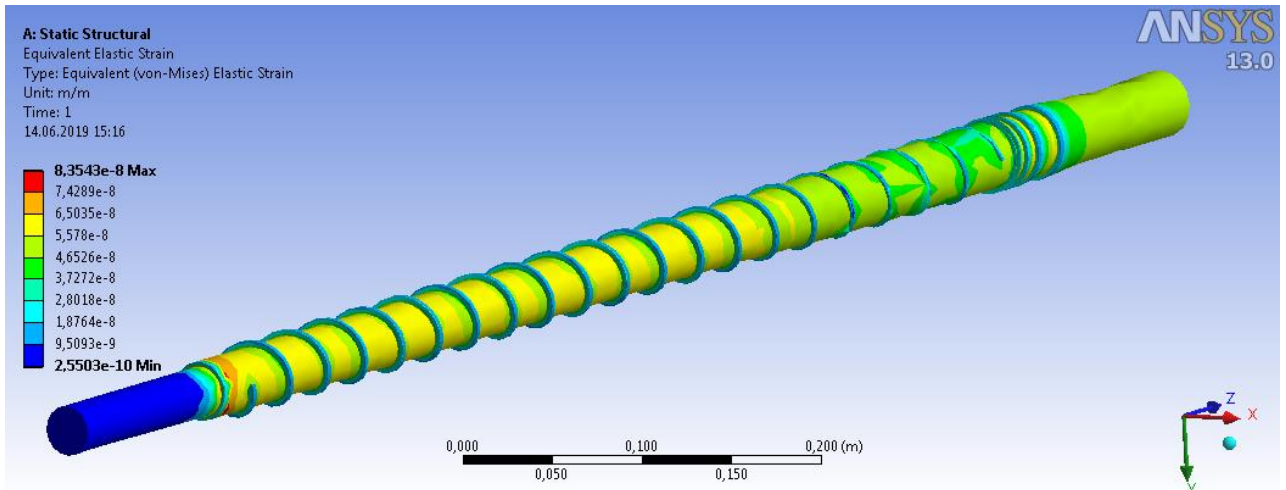


Рис.2.4 – Еквівалентні напруження на згин

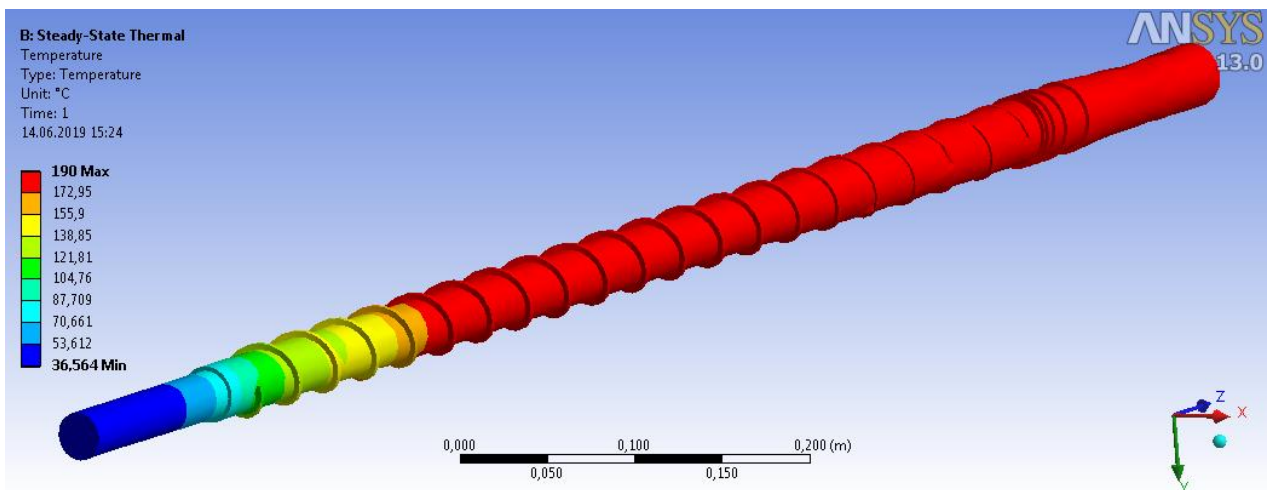


Рис.2.5 – Зміна температури

З наведених результатів розрахунків видно, що черв'як витримує міцнісні навантаження та має достатній запас міцності, що забезпечує надійність та довговічність конструкції.

Отже, модернізація підтверджується.



## Висновки

Було проведено розрахунки основних деталей та елементів машини для лиття.

Виконано розрахунки основних параметрів ТПА, при яких визначено геометрію черв'яка, потужність приводу, продуктивність машини по зоні дозування. Проведені розрахунки: кінематичні і міцнісні, які забезпечують працездатність і надійність конструкції.

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. — М.: Машиностроение, 1972.—268 с.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Под общ. ред. М. Ф. Михалева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1984. — 301 с., ил.
3. Л.Б. Радченко Переробка термопластів методом екструзії. — К.: Київ, 1999.-219с.
4. І.В. Коваленко, В.В. Малиновський Розрахунки основних процесів, машин і апаратів хімічних виробництв — К.: Норіта-Плюс, 2007

					ЛП51(1).16.7256.02-70PP	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

## Зміст

1 Технологія виготовлення деталі .....	2
1.1 Вибір заготовки, опис і призначення деталі .....	2
1.2 Технологічний процес виготовлення деталі.....	3
2 Вибір пристосування.....	15
2.1 Опис і принцип роботи пристосування .....	15
2.2 Розрахунок потрібного затискного зусилля .....	16
Висновки .....	18
Перелік посилань.....	19

					ЛП51.161246-70ТД				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Славінський				Машина для лиття під тиском з модернізацією механізму пластикації		Літ.	Арк.	Архів
Перевір.	Борщик							1	19
Реценз.							КПІ ім. Ізоря Сікорського		
Н. Контр.									
Затверд.	Гондляр								

# 1 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

## 1.1 Вибір заготовки, опис і призначення деталі

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – втулка і проектування оснастки (пристрою) для одної з операцій виготовлення деталі.

В процесі виконання роботи вирішуються такі завдання, як розробка технології виготовлення деталі „Втулка”, в яку входить вибір методу отримання заготовки, вибір устаткування і інструментів для кожної операції.

Деталь є відповідальною і напруженою. Дефекти внутрішні і зовнішні не допускаються.

Матеріал деталі має достатню пластичність для обробки. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ 1050-88 добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів. Всі поверхні деталі доступні для ріжучого інструменту.[3]

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при добрих технологічних базах.

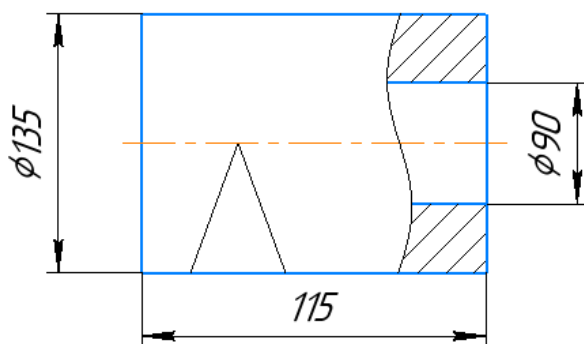


Рисунок 1.1.1 – Ескіз заготовки втулки

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

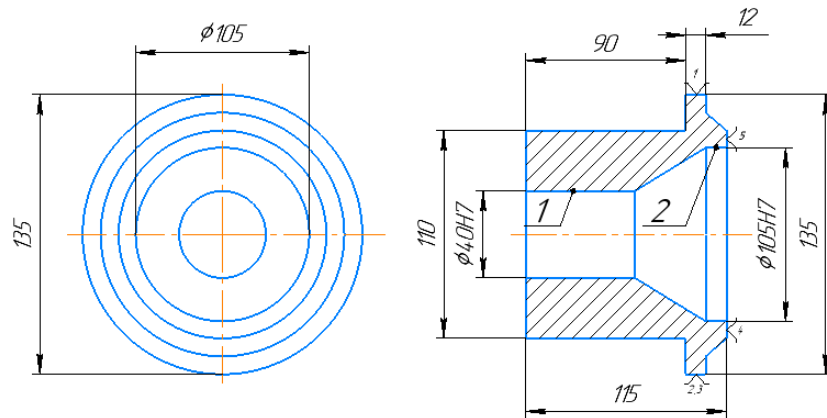


Рисунок 1.1.2 – Ескіз втулки

## 1.2 Технологічний процес виготовлення деталі

Процес виготовлення деталі наведено в маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах і складається з наступних етапів:

- розмітка деталі;
- чорнове та чистове обточування зовнішньої та внутрішньої поверхні з підрізанням торців, зняття фасок;
- фрезерування поверхонь;
- точіння та розточування поверхонь;
- термообробка;
- шліфування отвору під вал.

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ВИБІР ПРИСТОСУВАННЯ

### 2.1 Опис і принцип роботи пристосування

Для закріплення заготовки використовуються пневматичні лещата (рис. 2.1.1):

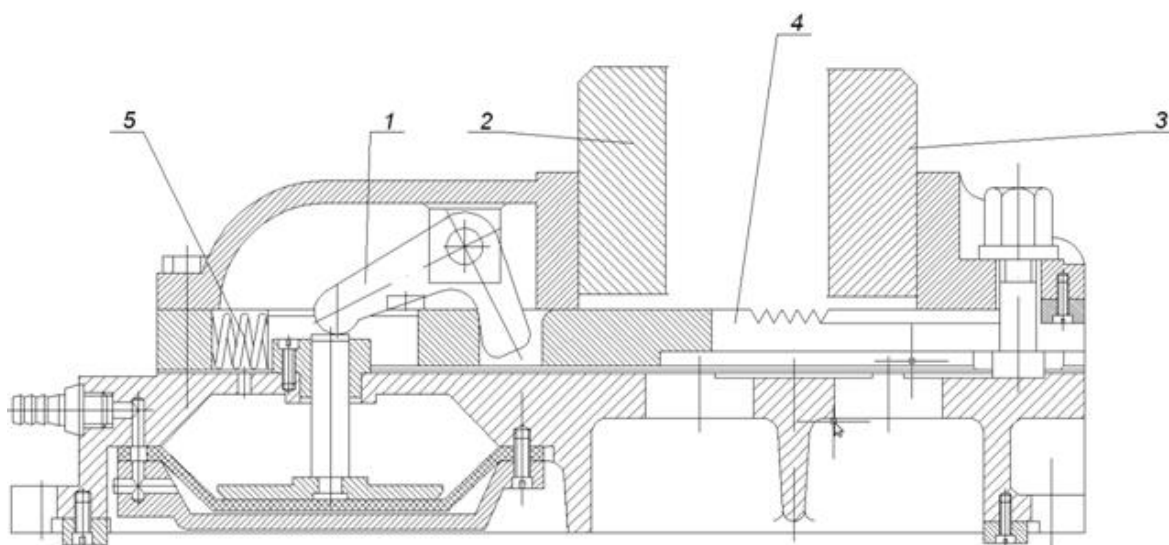


Рисунок 2.1.1 - Лещата з пневматичним затиском

Лещата функціонують наступним чином: при подачі стисненого повітря в нижню частину пневмокамери гумова діафрагма піднімає шток пневмокамери вгору і важіль 1, обертаючись навколо своєї горизонтальної осі, переміщує повзун 4 з рухомою губкою 3 вліво, і заготовка, яка розташовується між губками 2 і 3 стискається. При падінні тиску в пневмокамері пружина 5 переміщає повзун вправо і розтискає заготовку.

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Розрахунок потрібного затискного зусилля

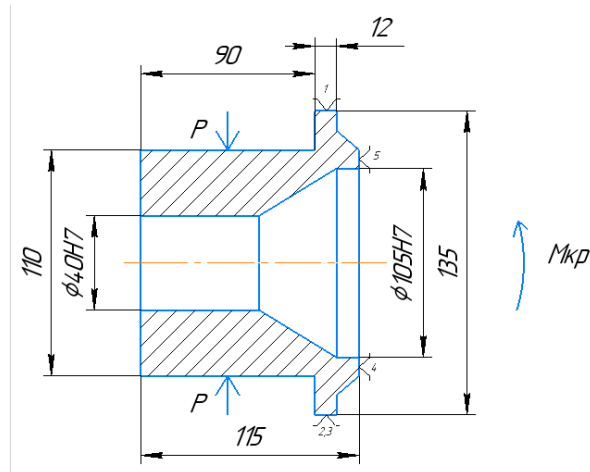


Рисунок 2.2.1 – Розрахункова схема для визначення сил і моментів, що діють на заготовку при свердлінні

Поворот заготовки відносно торця отвору під дією крутного моменту  $M_{кр}$  заважає сила тертя  $F_{тр2}$  на плече:

$$R_1 = \frac{d_{заг}}{2} = \frac{97,1}{2} = 48,55 \text{ мм} = 0,04855 \text{ м}$$

Сила тертя виникає під дією реакції опори R

$$R = Q_1 + P_0$$

Сила тертя  $F_{тр2}$  визначається по формулі:

$$F_{тр2} = R \cdot f = (Q_1 + P_0) \cdot f$$

Для більшої надійності закріплення рекомендується вводити коефіцієнт запасу  $K = 1,5 \dots 2,5$ . Прийmemo  $K = 2,5$ . [5]

Тоді рівняння прийме вигляд:

$$(Q_1 + P_0) \cdot f \cdot C = M_{кр} \cdot K$$

Визначимо потрібне затисне зусилля з формули:

$$Q_1 = \frac{M_{кр} \cdot k - P_0 \cdot f \cdot C}{f \cdot C}$$

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Торець заготовки втулки заздалегідь оброблений, так само як і торець отвору оправки, тому в зоні контакту оброблюваних поверхонь коефіцієнт тертя  $f = 0,15$ . [1]

Плече  $C$  визначається за формулою

$$C = \frac{D_{заг}}{2} - C_1$$

де  $C_1$  – фаска на торці заготовки фланця яка дорівнює 2мм.

Тоді

$$C = \frac{D_{заг}}{2} - C_1 = \frac{97,1}{2} - 2 = 46,55 \text{ мм} = 0,04655 \text{ м}$$

Тоді:

$$Q_1 = \frac{M_{кр} \cdot k - P_0 \cdot f \cdot C}{f \cdot C} = \frac{9,7 \cdot 2,5 - 1792,7 \cdot 0,15 \cdot 0,04655}{0,15 \cdot 0,04655} = 1680,3 \text{ Н}$$

Розрахунок потрібного затискного зусилля з умови запобігання повороту заготовки, відносно центру в межах зазору між посадочною поверхнею заготовки фланця і отвору в оправці. [3]

Складемо рівняння моментів відносно центру.

Поворот заготовки відносно центру під дією крутного моменту, що викликаний осьовою силою  $P_0$  на плече 26,5мм, перешкоджає момент, який викликаний силою закріплення  $Q_2$  на плече 38мм.

$$a = \frac{D_1}{2} - C = \frac{129}{2} - 38 = 26,5$$

З урахуванням коефіцієнту запасу  $K=2,5$ , рівняння прийме вигляд:

$$Q_2 \cdot C = K \cdot P_0 \cdot a$$

Визначимо потрібне затискне зусилля з формули

$$Q_2 = \frac{K \cdot P_0 \cdot a}{C} = \frac{2,5 \cdot 1792,7 \cdot 26,5}{38} = 3125,4 \text{ Н}$$

Обраний трьохкулачковий патрон ГОСТ 16889-71 з зусиллям закріплення

$W_{з max} = 6120$  повністю забезпечує необхідні зусилля.

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

У процесі розробки технологічного процесу виготовлення втулки було розглянуто призначення втулки та конструктивні особливості деталі; описані порядок і всі етапи розробки технологічного процесу виготовлення деталі 'Втулка', що представлені у маршрутній карті, картах ескізів та операційних картах; обрано спосіб виготовлення заготовки; обрано пристосування для токарного верстата; розраховане максимальне зусилля затискання пристосування.

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

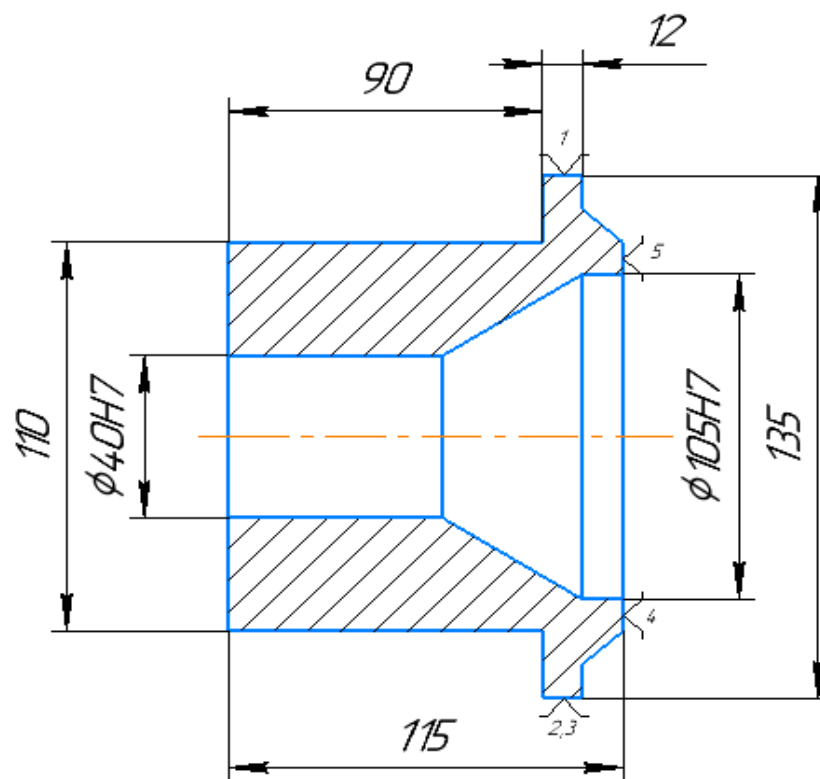
## Перелік посилань

1. Справочник технолога-машиностроителя: Т. 1,2 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985-1986.
2. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д. Червячные машины для переработки резиновых смесей и пластических масс. - М.: Машиностроение, 1967.-296с.
3. Справочник. Краткий справочник конструктора / Гжиров Р.И. - Л.: Машиностроение, 1984. – 464с.
4. Анурьев В.И., “Справочник конструктора – машиностроителя”. М., Машиностроение, 1978.
5. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах.- М.: Высш. шк., 1986. - 239 с.

					ЛП51.161246-70ТД	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

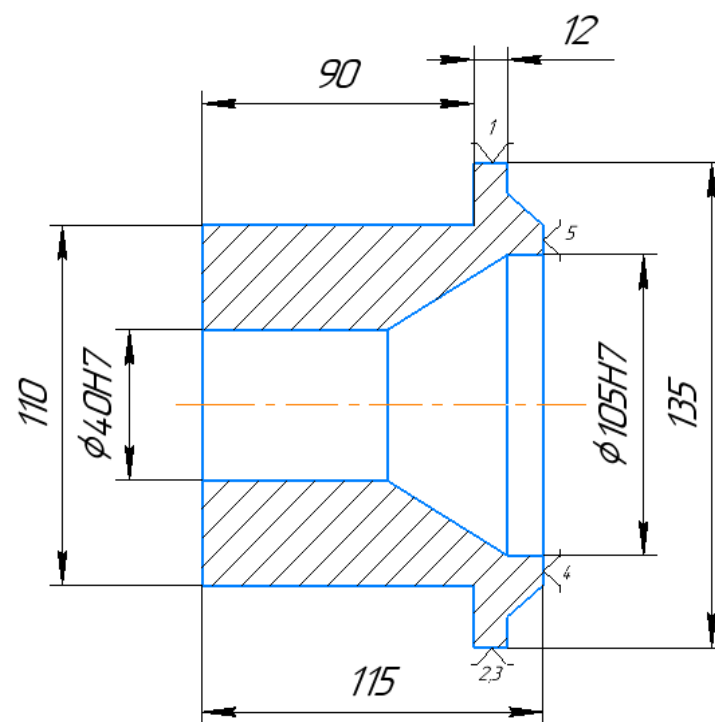
				ГОСТ 3.1118-82 форма 1													
Розроб.		Славінський															
Перев.		Борщик															
Н.контр.																	
Маршрутна карта																	
								літера									
Матеріал				код Одиниці величини	Вага деталі	Заготовка				Одиниці нормуванн я	Норма виграт	Коеф використ. матеріалу					
Назва, марка		код				код та вид		профіль і розміри					кіл-сть деталей		вага		
Вал, Сталь 45					5	Прокат		D135 d 90 L115		1		7					
Номер			Назва та зміст операції			Обладнання (код, назва, інвентарний номер)			Пристрої та інструмент (код, назва)			Тшт.		Тп. 3.			
Цеху	Дільниці	Операції															
		005	Розмітка деталі														
		010	Фрезерна. Фрезерування поверхонь			Фрезерний верстат 6P11Ц31			Фреза кінцева			25					
		015	Токарна. Точіння поверхонь 1,2,3. Розточування			Токарний верстат 16K20ФЗ			Різець фасонний, різець			20					
			поверхонь 5,6						прохідний								
		030	Термообробка			Піч ТВЧ											
		035	Шліфувальна. Шліфувати поверхні 1,2			Зубо-шліфувальний станок			Диск			10					
						6M163B											
МК			Обробка різанням														



[illegible]

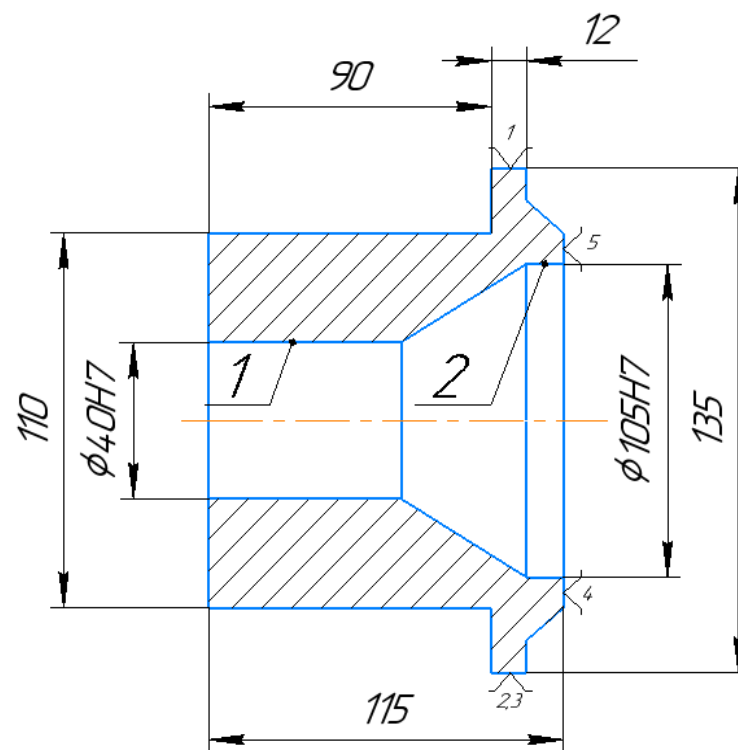
KE



[illegible]

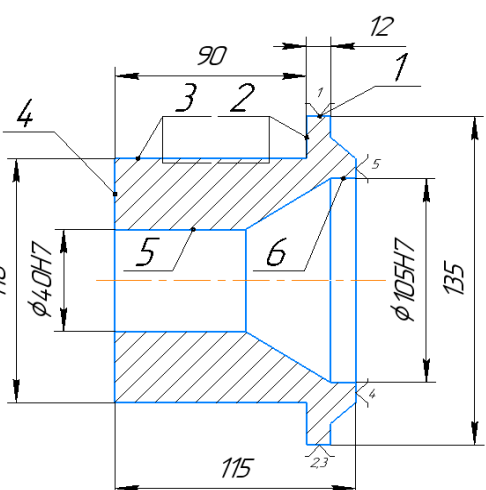
KE



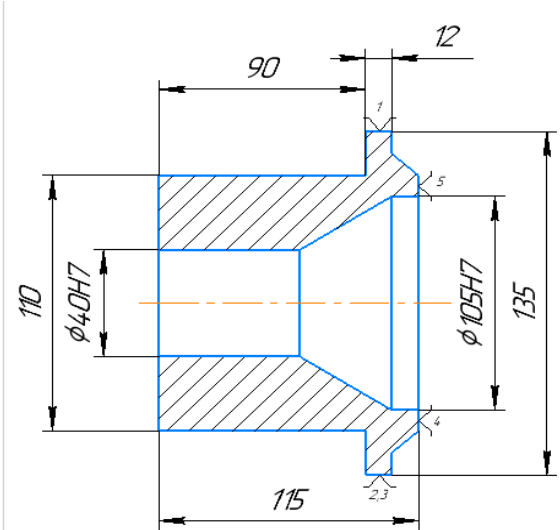
[illegible]

KE



	Ном. цеху	Ном. ділян.	Ном. операц.	Найменування операції				
	5	2	15	Токарна				
	Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка				
				Профіль та розміри		Твердість	Маса	
	Сталь 40Х		8,0	D=135 L=115		НВ=197	14,0	
	Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)				
	1			Токарний 16К20Ф3				
Пристосування (код та найменування)	Патрон			Охолодження				
				Емульсія				

Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення заготовки												
2	Точити поверхню 1,2,3 начорно та начисто.		Різець фасонний ГОСТ 18875-73	Штангциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	180	20	2	1	0,4	92	52	0,5	1
3	Обробка поверхні 4. Підрізування торця		Різець Прохідний ГОСТ 18869-70	Штангциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	140	20	1	1	0,3	400	168	0,15	0,19
4	Розточування поверхонь 5,6		Різець Прохідний ГОСТ 18869-70	Штангциркуль ШЦ-П-320-0,10 ГОСТ 166-80	100	105	5	1	0,35	720	216	1,0	0,2

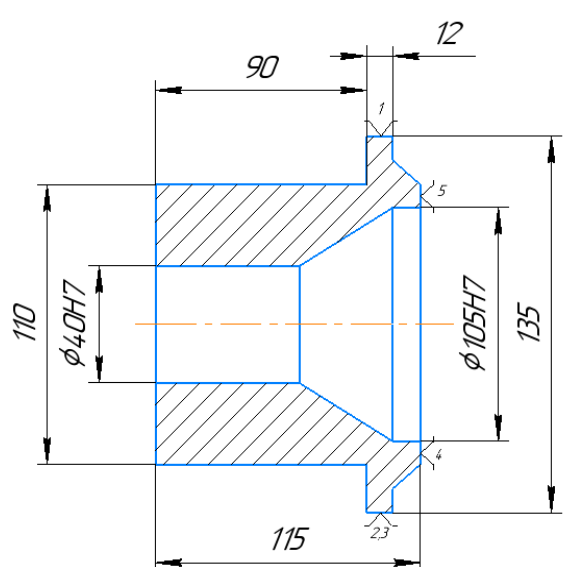


Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції		
5	2	10	Фрезерна		
Найменування та марка матеріалу		Маса деталі	Заготовка		
			Профіль та розміри	Твердість	Маса
Сталь 40Х		8,0	D=135 L=115	HB=197	14,0
Кіль. одночас. оброб.дет.		Обладнання (найменування, модель)			
1		Фрезерний 6Р11Ц31			
Пристосування (код та найменування)	Лещата			Охолодження	
				Емульсія	

Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Встановлення деталі												
2	Фрезерувати поверхню		Фреза кінцева Ш12. ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	12	40	5	1	0,03	650	78	0,24	0,12
	Переустановка деталі												
3	Фрезерувати поверхню	Ділильна голівка	Фреза кінцева Ш10 ГОСТ 17025-71	Штангенциркуль ШЦ-II-320-0,10 ГОСТ 166-80	10	20	5	1	0,05	650	130	0,3	0,12
4	Зняти деталь												

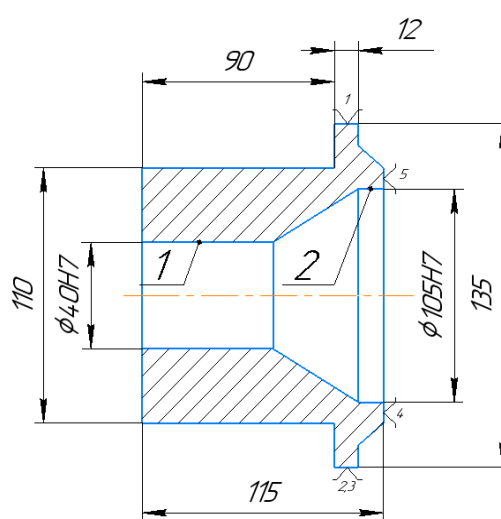
ОП

Обробка різанням

Розроб. Перев Затв.	Славінський В.В. Борщик С.О.	<div>Операційна карта механічної обробки</div> <div></div>	ЛП51.167244.000		ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2		
			Втулка						
			Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції			
			5	2	30	Термообробка			
Найменування та марка матеріалу			Маса деталі	Заготовка					
Сталь 45Х ГОСТ 1050-74			8,0	D=135 L=115		НВ=197	Маса 14,0		
Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)						
1			Піч ТВЧ						
Пристосування (код та найменування)			Охолодження						

Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Термообробка втулки											1440	10
ОП	Обробка різанням												



Викон. Славінський В.В.		Операційна карта механічної обробки			ЛП51.167244.000		ГОСТ 3.1404 – 86		Форма 2				
Перев. Борщик С.О.					Втулка								
Затв.					Ном. цеху	Ном. дільн.	Ном. операц.	Найменування операції					
		5			2		35		Шліфувальна				
		Найменування та марка матеріалу				Маса деталі		Заготовка					
								Профіль та розміри		Твердість		Маса	
		Сталь 45Х ГОСТ 1050-74				8,0		D=135 L=115		HB=197		14,0	
		Кіль. одночас. оброб.дет.			Обладнання (найменування, модель)								
		1			Зубо-шліфувальний станок 3М163В								
Прийомів (код та найменування)		Поводковий патрон				Охолодження							
						СОЖ							
Номер переходу	Зміст переходу	Інструмент (код, найменування)			Розрах. розмір		Режим обробки					T <sub>0</sub>	T <sub>д</sub>
		допоміжний	ріжучий	вимірювальний	діаметр, ширина	довжина	t	i	S <sub>z</sub>	n	V		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Шліфувати поверхні 1 до розміру Ø40H7.		Дисковим кругом	Калібр-скоба	150	0,1	0,1	1	0,07	100	50	20	2
2	Шліфувати поверхню зуба 2 витримуючи розмір ø 105 H7 .		Дисковим кругом	Калібр-скоба	150	0,1	0,1	1	0,07	100	50	20	2
ОК	Обробка різанням.												





[illegible]

[illegible]

[illegible]

КОМПАС-3D v17.1 Учебная версия © 2017 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		A1			ЛП51(1).16 714.2.005-70СК	Сладальне креслення			
						Документация			
						Детали			
			1		ЛП51(1).16 7244.005.01-70	Корпус нижній	1		
			2		ЛП51(1).16 7244.005.02-70	Днище пневмокамери	1		
			3		ЛП51(1).16 7244.005.03-70	Корпус верхній	2		
			4		ЛП51(1).16 7244.005.04-70	Діафрагма	1		
			5		ЛП51(1).16 7244.005.05-70	Втулка	1		
			6		ЛП51(1).16 7244.005.06-70	Пружина	1		
			7		ЛП51(1).16 7244.005.07-70	Шток	1		
			8		ЛП51(1).16 7244.005.08-70	Повзун	1		
			9		ЛП51(1).16 7244.005.09-70	Важіль	1		
			10		ЛП51(1).16 7244.005.10-70	Шайба	1		
			11		ЛП51(1).16 7244.005.11-70	Гудка	2		
			12		ЛП51(1).16 7244.005.12-70	Корпус середній	1		
		Взам. инв. №						Стандартные изделия	
13					Гвинт М10-6g.25.109	2			
					ГОСТ 7798-70				
14					Гвинт М12-6g.25.109	2			
					ГОСТ 7798-70				
15					Гвинт М25-6g.55	4			
					ГОСТ 7798-70				
16					Гвинт М20-6g.70.109	2			
Подп. и дата		ЛП51(1).16 714.2.005-70СК							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Славінський			Лещата пневматичні з нерухомою губкою	Лит.	Лист	Листов	
	Пров.	Борщук					1	2	
	Руковод.					НТУУ "КПІ ім. Ізгоря Сікорського"			
	Н.контр.								
	Утв.	Гондлях							

Не для коммерческого использования      Копировал      Формат    А4

## Модернізація одночерв'ячного екструдера

Славінський В.В., студент, Сівецький В.І., к.т.н., доцент  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

*Запропонована корисна модель, в яку покладено задачу вдосконалити одночерв'ячний екструдер, у якому його нове конструктивне виконання забезпечує інтенсивніше диспергування та перемішування компонентів полімерної композиції в зоні гомогенізації.*

За базову конструкцію було обрано [1], що містить корпус із нагрівачами, встановлений у ньому черв'як, який через редуктор приєднаний до приводу. Недоліком такої конструкції є недостатньо інтенсивне диспергуюче змішування полімерної композиції.

З метою удосконалення конструкції було розглянуто декілька конструктивних рішень [2-3].

Для досягнення поставленої задачі було обрано конструкцію [2]. Поставлена задача вирішується тим, що змішувальна секція черв'яка екструдера, яка розташована на корпусі черв'яка в розриві гвинтової лінії в зоні гомогенізації екструдера, та має вигляд зрізаних конусів, в яких проточені поздовжні пази, що утворюють виступи у вигляді рядів сегментів, які направлені під кутом до каналу входу розплаву. Глибина поздовжніх пазів вздовж черв'яка зменшуються пропорційно і дискретно з кожним наступним сегментним рядом таким чином, що крок між сегментними виступами вздовж черв'яка дорівнює зовнішньому діаметру гвинтової лінії черв'яка, а останній -  $1/5$  зовнішнього діаметра гвинтової лінії черв'яка, загальна кількість сегментних рядів - 5, кількість поздовжніх пазів відповідає кількості сегментних виступів та є однаковою в кожному сегментному ряді.

Використання пропонованої конструкції змішувальної секції дозволяє інтенсифікувати процес диспергування агломератів та перемішування диспергованої фази в дисперсному середовищі та внаслідок чого отримати однорідну структуру полімеру.

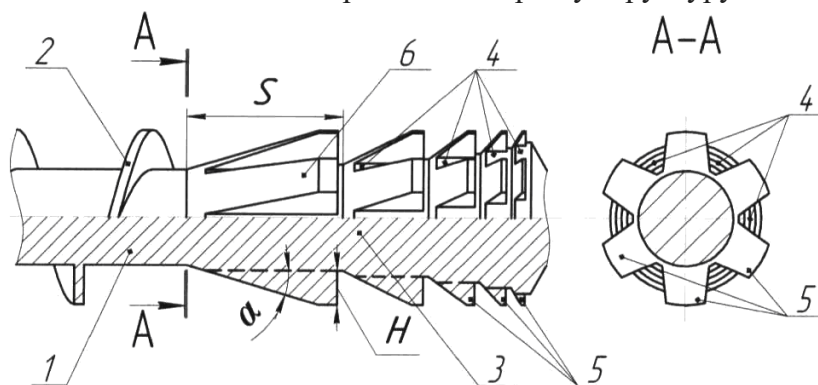


Рис.1 — Змішувальна секція черв'яка екструдера

## Література

1. Басов Н. И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов : учеб. для вузов / Н. И. Басов, Ю. В. Казанков, В. А. Любатович. — М. : Химия, 1986. — 488 с.
2. Пат. України №127554U, МПК В29С 47/60 (2006.01), В30В 11/24 (2006.01), опубл. 10.08.2018
3. Пат. України №119631U, МПК А23N 17/00, В29С 47/00, В30В 11/22 (2006.01), В29L 31/00 (2006.01), опубл. 25.09.2017